La lutte antivectorielle - Méthodes à usage individuel et communautaire - Sous la direction de Jan A. Rozendaal (OMS, 1999)



Organisation mondiale de la Santé
Genève
1999

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS), créée en 1948, est une institution spécialisée du système des Nations Unies qui agit en tant qu'autorité directrice et coordinatrice pour toutes les questions internationales de santé et de santé publique. Elle est tenue par sa Constitution de fournir des informations et des avis objectifs et fiables dans le domaine de la santé humaine, fonction dont elle s'acquitte en partie grâce à son vaste programme de publications.

Dans ses publications, l'Organisation s'emploie à soutenir les stratégies sanitaires nationales et aborde les problèmes de santé publique les plus urgents dans le monde. Afin de répondre aux besoins de ses Etats Membres, quel que soit leur niveau de développement, l'OMS publie des manuels pratiques, des guides et du matériel de formation pour différentes catégories d'agents de santé, des lignes directrices et des normes applicables au niveau international, des bilans et analyses des politiques et programmes sanitaires et de la recherche en santé, ainsi que des rapports de consensus sur des thèmes d'actualité dans lesquels sont formulés des avis techniques et des recommandations à l'intention des décideurs. Ces ouvrages sont étroitement liés aux activités prioritaires de l'Organisation, à savoir la prévention et l'endiguement des maladies, la mise en place de systèmes de santé équitables fondés sur les soins de santé primaires et la promotion de la santé individuelle et collective. L'accession de tous à un meilleur état de santé implique l'échange et la diffusion d'informations tirées du fonds d'expérience et de connaissance de tous les Etats Membres ainsi que la collaboration des responsables mondiaux de la santé publique et des sciences biomédicales.

Pour qu'informations et avis autorisés en matière de santé soient connus le plus largement possible, l'OMS veille à ce que ses publications aient une diffusion internationale et elle encourage leur traduction et leur adaptation. En aidant à promouvoir et protéger la santé ainsi qu'à prévenir et à combattre les maladies dans le monde, les publications de l'OMS contribuent à la réalisation du but premier de l'Organisation - amener tous les peuples au niveau de santé le plus élevé possible.

Catalogage à la source: Bibliothèque de l'OMS

La Lutte antivectorielle: méthodes à usage individuel et communautaire/sous la direction de J. A. Rozendaal.

1. Lutte contre insecte - méthodes
2. Lutte contre animaux nuisibles - méthodes
3. Vecteur maladie
4. Manuel I. Rozendaal, Jan Arle

ISBN 92 4 254494 9

(Classification NLM: QX 600)

Composé à Hong Kong
Imprimé à Hong Kong
98/12303 - Best-set/Speedflex - 2600

Commander

Lutte antivectorielle (La)
Méthodes à usage individuel et communautaire
1999, 449 pages
ISBN: 92 4 254494 9
Sw.fr: 132.00; dans les pays en développement: Sw.fr. 40,00
No. de commande: 2150448

Avant-propos

L'élaboration et la production du présent manuel ont représenté une tâche considérable. Il a fallu rassembler toutes les données nécessaires concernant la lutte contre les vecteurs de maladies, les animaux réservoirs et la vermine domestique en

ayant pour ligne de conduite la rédaction d'un guide pratique utilisable par tout un chacun. Les espèces décrites, de même que les méthodes de lutte proposées, ont été sélectionnées à l'intention de personnes ou de collectivités qui pourraient apporter beaucoup à la lutte antivectorielle mais qui en sont plus ou moins empêchées par le manque de moyens financiers ou une formation insuffisante. Le choix d'une méthode de lutte dépend aussi, pour une grande part, de la structure de décision des collectivités et des activités de lutte antivectorielle déjà entreprises par les services de santé locaux.

C'est principalement Jan A. Rozendaal qui, entre 1988 et 1991, s'est chargé des recherches, du recueil des données et des visites sur le terrain nécessaires à la préparation de l'ouvrage. Le manuscrit a ensuite été examiné par plusieurs spécialistes de la lutte antivectorielle, qui ont proposé un certain nombre de changements. Lors de la rédaction du manuscrit définitif, Jan Rozendaal a ajouté des données relatives aux dernières acquisitions en matière de lutte antivectorielle, afin que le texte soit le plus à jour possible.

Cet ouvrage arrive vraiment à point nommé, car il semble désormais que la lutte antivectorielle va consister beaucoup moins en vastes programmes organisés par les pouvoirs publics qu'en initiatives locales impliquant une participation accrue de la communauté. Par ailleurs, il est désormais bien clair que nombre de méthodes traditionnelles uilisées pour prévenir ou combattre les maladies transmises par des vecteurs et autres maladies infectieuses sont mal appliquées ou ont perdu leur efficacité. Par suite du développement économique, de l'évolution démographique et de la modification de l'environnement ou encore de l'augmentation des migrations humaines, des maladies réapparaissent dans de nouveaux contextes ou sous des formes plus virulentes. Nombreux sont maintenant les agents pathogènes qui résistent aux médicaments courants et leurs vecteurs ont également acquis une résistance aux insecticides. Les méthodes décrites dans cet ouvrage, et tout spécialement celles qui consistent à modifier de façon permanente les habitations et d'autres éléments du cadre de vie, peuvent contribuer à la lutte contre ces maladies qui font obstacle au progrès économique et au bien-être de la population dans de nombreuses régions du monde.

Dr K. Behbehani
Directeur de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales

Préface

Les maladies transmises par les arthropodes et les gastéropodes d'eau douce sont parmi les principales causes de morbidité et de mortalité dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux et même, quoique dans une moindre mesure, dans les zones tempérées. En plus du tribut qu'elles prélèvent sous la forme de décès prématurés et d'invalidités, ces maladies - paludisme, filariose, leishmaniose, schistosomiase, dengue, trypanosomiase etc. - constituent un obstacle important au développement économique par suite de la perte d'innombrables heures de travail, du coût élevé du traitement et des dépenses occasionnées par la lutte contre les vecteurs.

Outre qu'elles peuvent être préjudiciables à l'environnement, les campagnes de lutte antivectorielle à grande échelle sont souvent irréalisables pour des raisons financières ou simplement pratiques. C'est pour cette raison qu'on en est venu à envisager des méthodes que les particuliers et les communautés puissent eux-mêmes mettre en

œuvre pour se prémunir contre les maladies transmises par des vecteurs. Il n'existe malheureusement que très peu de documentation susceptible d'être utilisée avec profit par les non spécialistes. Le présent ouvrage s'efforce de combler cette lacune en proposant des méthodes de protection individuelle utilisables par les particuliers et les collectivités, méthodes qui ne demandent qu'un minimum d'organisation et de formation de la part des services de santé locaux. En général, il s'agit de techniques simples et peu coûteuses, ne nécessitant qu'un niveau minimum et qui sont sans danger pour l'usager et l'environnement.

Ce manuel donne des renseignements pratiques sur la totalité des principaux vecteurs de maladies et autres genres de vermine, même si pour une communauté donnée, seuls certains d'entre eux pourront entrer en ligne de compte. Il convient donc d'adapter les indications du manuel à la situation locale et aux groupes de population en cause, voyageurs par exemple. L'Organisation mondiale de la Santé accueillera avec plaisir les remarques des lecteurs, surtout en ce qui concerne l'utilisation du manuel sur le terrain. Toutes les observations ou propositions d'amélioration doivent être adressées à la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse.

Remerciements

La rédaction du présent manuel n'a été possible que grâce à la contribution et aux efforts d'un certain nombre de personnes.

Dr J.A. Rozendaal, Cadre associé auprès de l'ancienne Division de la Biologie des Vecteurs et de la Lutte antivectorielle (OMS), a effectué l'essentiel du travail: recherche, collecte des données et visites sur le terrain.

Dr R. Slooff, Directeur de l'ancienne Division de la Biologie des Vecteurs et de la Lutte antivectorielle (OMS), et le Dr C.F. Curtis, du Department of Entomology, London School of Hygiene and Tropical Medicine, ont revu le manuel et fait un certain nombre d'observations sur son contenu et sa structure.

L'OMS exprime sa reconnaissance aux spécialistes dont les noms suivent pour leur précieuse contribution aux différents chapitres.

Chapitre 1

Dr C.F. Curtis, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Angleterre

Dr C.E. Schreck, United States Department of Agriculture, Gainesville, FL, Etats-Unis d'Amérique

Dr V.P. Sharma, Malaria Research Centre, Delhi, Inde

Professeur Yap Han Heng, Malaysia Sains University, Penang, Malaisie

Chapitre 2

M. J. Lancien, Institut français pour la recherche et le développement en coopération (ORSTOM), Entebbe, Ouganda

Dr C. Laveissière, Institut Pierre Richet, Organisation pour la coopération contre les grandes endémies (OCCGE), Bouaké, Côte d'Ivoire

Chapitre 3

Dr R. Bricèno-León, Université centrale du Venezuela, Caracas, Venezuela

Dr A.M. Oliveira Filho, Université fédérale de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brésil

Dr I. Paulone, Institut national pour le diagnostic et l'étude de la maladie de Chagas, Institut Dr Mario Fatala Chaben (INDIECH), Buenos Aires, Argentine

Dr E. Segura, INDIECH, Buenos Aires, Argentine

Chapitre 5

Dr D.G. Cochran, Department of Entomology, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, Etats-Unis d'Amérique

Chapitre 6

M. J. Keiding, Laboratoire danois d'étude de la vermine, Lyngby, Danemark

Chapitre 8

Dr R.K. Clumpp, ancien membre de la Division of Vector-borne Diseases, Ministère de la Santé, Nairobi, Kenya

Dr R. Slootweg, Centre d'études écologiques, Université d'Etat de Leyde, Leyde, Pays-Bas

Les membres suivants du personnel de l'OMS ont également contribué à la rédaction des divers chapitres: M. R. Bos, Division du Soutien opérationnel à l'Hygiène du Milieu; Dr A.W.A. Brown, ancienne Division de la Biologie des Vecteurs et de la Lutte antivectorielle; M. P.D. Cattand, ancienne Division de la Lutte contre les Maladies tropicales; Dr N.G. Gratz, ancienne Division de la Biologie des Vecteurs et de la Lutte antivectorielle; Dr A.B. Knudsen, ancien membre de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales; Dr K.E. Mott, Division de la Lutte contre les Maladies tropicales; Dr P.J.A. Ranque, Division de la Lutte contre les Maladies tropicales; Dr C. Schofield, ancien fonctionnaire au Programme spécial de recherche et de formation concernant les maladies tropicales; Dr A.R. Seim, Division de la Lutte contre les Maladies tropicales; M. G. Shidrawi, ancien membre de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales.

L'OMS remercie également les personnes suivantes de leur appui et précieux conseils: Dr P. Carnevale, Institut Pierre Richet, OCCGE, Bouaké, Côte d'Ivoire; M. R. Carroll, Building Research Establishment, Watford, Angleterre; Dr M. Coosemans, Institut de médecine tropicale, Anvers, Belgique; M. M. Dubbelman, Siamdutch Mosquito Netting Co., Bangkok, Thaïlande; Dr A. Fenwick, Schistosomiasis Research Project, Ministère de la Santé, United States Agency for International Development, le Caire, Egypte; Dr J. Goose, Cambridge Animal and Public Health Ltd, Hauxton, Cambridge, Angleterre;

Dr G. Hesse, Bayer AG, Leverkusen, Allemagne; Dr T.W. Hofman, Cyanamid International, Louvain-la-Neuve, Belgique; M. J.F. Invest, Roussel Uclaf, Berkhamsted, Angleterre; Professeur J.J. Laarman, Université d'Amsterdam, Amsterdam, Pays-Bas; M. S. Matsuo, Sumitomo Chemical Co., Osaka, Japon; M. G.A. Matthews, International Pesticide Application Research Centre, Sunninghill, Berkshire, Angleterre; Professeur D.H. Molyneux, Liverpool School of Tropical Medicine, Université de Liverpool, Liverpool, Angleterre; Professeur M.S. Mulla, Université de Californie, Berkeley, CA, Etats-Unis d'Amérique; Dr R. Sonneck, Bayer AG, Leverkusen, Allemagne; Dr R. Sturrock, Department of Medical Helminthology, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Angleterre; M. Teoh Kim Teik, Fumakila, Malaisie; Professeur H.J. Van Der Kaay, ancien professeur à l'Université d'Etat de Leyde, Leyde, Pays-Bas; Professeur G. Webbe, ancien professeur au Department of Medical Helminthology, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Angleterre; Dr G.B. White, Zeneca Public Health, Fernhurst, Haslemere, Angleterre.

Les membres suivants (en poste ou retraités) du personnel de l'OMS ont également fourni conseils et suggestions: Dr J. Akiyama, Dr D. Barakamfitiye, Dr P.F. Beales, Dr P. de Raadt, Dr C.W. Hays, Dr P.R.J. Herath, Dr R.L. Kouznetsov, M. F.A.S. Kuzoe, Dr R. Le Berre, Dr S. Litsios, Dr A. Moncayo, Dr J. Najera Morrondo, Dr M. Nathan, Dr R. Plestina, M. G. Quélennec, Dr H.R. Rathor, Dr C. Ravaonjanahary, Dr A.E.C. Rietveld, Dr L. Self, Dr J. Storey, Dr J. Verhoeff and Dr M.H. Wahdan.

Sauf indication contraire, les illustrations du texte et de la couverture sont dues à Lois Robertson, Amsterdam, Pays-Bas.

Une grande reconnaissance est due au Ministère des Affaires étrangères des Pays-Bas pour son appui financier à cet ouvrage.

Introduction

Historique et cadre général de la lutte antivectorielle

Au tournant du dix-neuvième siècle, on s'est rendu compte que certaines espèces d'insectes et autres arthropodes ainsi d'ailleurs que plusieurs gastéropodes d'eau douce étaient responsables de la transmission de maladies importantes. Comme on ne disposait pas toujours de vaccins ou de médicaments efficaces contre ces maladies, il n'y avait souvent guère d'autre solution que la destruction du vecteur pour les empêcher de se propager. Les premiers programmes de lutte antivectorielle consistaient à munir de grillages les ouvertures des habitations, à utiliser des moustiquaires, à assécher ou à combler les marécages et autres étendues d'eau servant de gîtes larvaires aux insectes et à les traiter au pétrole ou au vert de Schweinfurt. La découverte en 1940 des propriétés insecticides du DDT ou dichlorodiphényldichloréthane, a constitué une avancée majeure dans la lutte contre les maladies à transmission vectorielle. Ce produit était en effet extrêmement efficace contre les moustiques intradomiciliaires lorsqu'on le pulvérisait sur les murs des habitations. Par ailleurs, il n'était pas cher à produire et restait actif pendant plusieurs mois. Il était également efficace contre d'autres insectes piqueurs ainsi que contre les puces, les poux, les punaises de lit et les triatomes.

Pendant les années 50 et au début des années 60, on organisa, dans nombre de pays, des programmes de lutte visant à maîtriser, voire à éradiquer les plus importantes des maladies à transmission vectorielle (paludisme, maladie de Chagas et leishmanioses)

par des épandages de DDT à grande échelle. Très coûteux, ces programmes étaient en principe d'une durée limitée. L'objectif était d'éradiquer les maladies ou de réduire la transmission à un niveau tel que les établissements de soins soient en mesure de les contenir sans faire appel à des mesures de lutte supplémentaires.

Au début, ces programmes connurent un large succès et dans un certain nombre de pays, on parvint même à interrompre ou du moins à réduire les activités de lutte antivectorielle.

Cependant, dans la plupart des pays, ces succès furent de courte durée et les vecteurs acquéraient souvent une résistance aux insecticides qui contraignait à se tourner vers des produits nouveaux, d'un prix de revient plus élevé. La suspension des programmes de lutte finit par laisser la transmission se rétablir à un niveau non négligeable. Le succès ne fut durable que là où l'environnement avait été modifié de manière à empêcher les vecteurs de retrouver des lieux de ponte ou de repos.

Substituts à l'emploi d'insecticides

Si un regain d'intérêt se manifeste pour la recherche d'autres moyens de lutte antivectorielle que l'épandage d'insecticides, comme la lutte biologique et l'aménagement du milieu, c'est que les vecteurs importants sont de plus en plus résistants aux produits d'usage courant et que l'on s'inquiète des effets que le DDT et certains autres insecticides exercent sur l'environnement.

La lutte par *aménagement de l'environnement* consiste à modifier les lieux susceptibles de servir de gîtes larvaires, par exemple en comblant ou en asséchant définitivement les mares et les marécages ou encore en désherbant et en curant périodiquement étangs et canaux.

La *lutte biologique* repose sur l'utilisation d'organismes vivants ou de produits qui en dérivent pour détruire les vecteurs et les ravageurs. Il s'agit en particulier de virus, de bactéries, de protozoaires, de champignons, de plantes, de vers parasites et de moustiques ou de poissons prédateurs. On s'efforce en général de détruire les larves sans polluer l'environnement. La lutte biologique donne souvent ses meilleurs résultats lorsqu'on la pratique parallèlement à l'aménagement de l'environnement.

Réorganisation de la lutte antivectorielle

Parallèlement à la recherche d'autres méthodes de lutte, on a tenté, dans de nombreux pays, de réorganiser les activités et les services. Dans la mesure du possible, les programmes de lutte antivectorielle ont été décentralisés et intégrés aux services de santé de base au niveau du district. Il s'agissait par là d'assurer la pérennité des programmes tout en réalisant des économies substantielles sur le plan financier, notamment par une réduction du coût de la main d'œuvre. Finalement, des responsabilités accrues ont été confiées aux agents de santé de village ou de district.

Au cours de la dernière décennie, on a accordé une grande importance à l'adaptation des techniques existantes et à la mise au point de nouvelles méthodes permettant aux agents de santé en général comme aux particuliers de se protéger eux-mêmes. C'est ainsi que l'on a donné la priorité à la mise au point de mesures de lutte antivectorielle simples, sans danger, bien adaptées et peu coûteuses. On dispose désormais de filets et d'écrans imprégnés d'insecticide pour se prémunir contre les moustiques et les

phlébotomes. En Afrique, des pièges anti-glossines ont été mis au point. En Amérique du Sud, on a modifié le plan et le mode de construction des habitations pour les rendre inhospitalières aux triatomes. Des filtres d'un modèle spécial permettent de débarrasser l'eau de boisson des *Cyclops* vecteurs du ver de Guinée. Grâce à de nouvelles techniques d'irrigation, il est désormais possible d'empêcher la prolifération des moustiques et des gastéropodes sans aucun dommage pour les cultures.

La lutte antivectorielle au niveau communautaire

Ce sont les circonstances locales et les préférences de la population qui vont déterminer la nature de la méthode de lutte antivectorielle à appliquer dans une communauté donnée. Il est essentiel que les différentes communautés soient informées des diverses possibilités qui s'offrent à elles et qu'elles participent activement au choix et à l'exécution des activités de lutte adaptées à leur situation particulière.

Les méthodes de lutte antivectorielle justiciables d'une participation communautaire doivent présenter les caractéristiques suivantes:

- être efficaces;
- être abordables;
- utiliser des produits et du matériel disponibles localement;
- être faciles à comprendre et à mettre en œuvre;
- être acceptables et compatibles avec les coutumes, les attitudes et les croyances locales;
- être sans danger pour les usagers et l'environnement.

Des méthodes valables en un lieu donné ne le sont pas forcément ailleurs, même si les caractéristiques de la maladie et de son vecteur sont identiques. Par exemple, la pulvérisation d'insecticide sur les murs peut être la meilleure méthode pour combattre le paludisme dans un secteur, alors que dans un autre secteur il sera préférable d'avoir recours à des moustiquaires imprégnées d'insecticide ou d'aménager l'environnement.

Les différences - qui peuvent être importantes - entre les diverses méthodes vont conditionner la nature et le degré de participation de la communauté, des agents de santé de village ou de district ainsi que des spécialistes de la lutte antivectorielle. Le choix de la méthode dépendra souvent des fonds disponibles, de l'existence de personnels dûment formés, du niveau de développement socio-économique de la communauté ou de la région et de celui des services de santé locaux.

Choix des mesures de lutte appropriées

Lorsqu'il s'agit de choisir les mesures de lutte appropriées à une situation donnée, on peut en général distinguer deux types de situation appelant chacune une solution différente:

- nuisances causées par la présence de ravageurs, parasites etc...
- maladies véhiculées par des insectes hématophages ou autres vecteurs.

Dans les deux cas, il est possible de trouver des solutions pour protéger collectivités et individus.

Il importe de faire une distinction entre les mesures qui offrent une protection convenable contre les maladies et celles qui ne sont pas suffisantes à elles seules mais peuvent être intéressantes combinées à d'autres.

Avant de se lancer dans une activité quelconque de lutte antivectorielle, il importe de se poser deux questions, à savoir:

- Quel est le résultat attendu: simplement se protéger, soi-même et sa famille, contre les piqûres d'insectes et les maladies qu'elles peuvent transmettre ou faire reculer la maladie dans la communauté?

- Les autorités sanitaires sont-elles déjà en train de prendre des mesures de lutte et seriez-vous désireux d'apporter un surcroît de protection à la communauté - ou à votre famille?

Il est indispensable de répondre à ces questions pour choisir les méthodes de lutte les plus appropriées. Pour diagnostiquer correctement une maladie ou identifier un vecteur il peut être nécessaire de consulter un agent de santé local - de préférence déjà impliqué dans les discussions au sujet de la nécessité et des possibilités de la lutte antivectorielle. L'avis de personnes ayant l'expérience de la lutte contre les ravageurs peut être utile.

On trouvera dans le présent manuel des données de base permettant d'identifier plus facilement les vecteurs et les maladies qui jouent un rôle important dans telle ou telle communauté. Grâce aux indications que contient le premier chapitre, consacré à la biologie, on devrait être capable de déterminer à quel groupe appartiennent les ravageurs ou les vecteurs en question. On y trouvera également des renseignements sur ce que l'on peut attendre des différentes méthodes de lutte. Le deuxième chapitre, qui porte sur les questions de santé publique, passe brièvement en revue les différentes maladies transmises par des vecteurs. Il indique dans chaque cas la place des mesures de lutte antivectorielle dans les stratégies mises en œuvre pour combattre ces maladies. Il s'achève par des considérations pratiques sur diverses méthodes. Ce sont les moyens de protection individuelle et ceux qui se prêtent à une action communautaire qui sont abordés le plus en détail. En revanche, les méthodes de lutte dont la mise en œuvre exige un personnel spécialisé ne sont exposées que dans leurs grandes lignes.

Protection individuelle

Il s'agit de méthodes permettant de se protéger personnellement, de protéger sa famille ou un petit groupe de proches contre les nuisances ou les maladies causées par les insectes. Elles consistent en particulier à éviter de mettre son corps en contact avec les vecteurs et à aménager son environnement pour les empêcher de trouver des lieux de repos ou de ponte à l'intérieur ou aux alentours de la maison. Il s'agit en général de mesures simples et peu coûteuses que l'on peut prendre sans l'aide de spécialistes.

Lutte au sein de la communauté

Il est plus difficile de protéger toute une communauté contre les nuisances ou les maladies dont les insectes sont cause. On peut envisager des mesures analogues à celles que l'on prend au niveau individuel ou familial, mais bien entendu à plus grande

échelle. De grands efforts sont nécessaires pour obtenir la participation de tous les membres de la communauté.

Avant tout investissement dans un effort de lutte à l'échelon communautaire, il faut demander aux agents de santé quelles sont les mesures qu'ils estiment devoir être efficaces dans les conditions locales. De nombreux facteurs sont à prendre en considération: l'espèce du vecteur et son comportement, la compatibilité des mesures envisagées avec la culture locale, les possibités de financement à long terme, la nécessité d'obtenir les conseils de spécialistes etc... Dans certains cas, il est plus économique d'améliorer le dépistage et le traitement des malades que de prendre des mesures de lutte antivectorielle. En revanche, si le diagnostic d'une maladie pose des problèmes ou que l'on ne dispose pas de moyens de traitement appropriés, le seul espoir de juguler la maladie réside dans la lutte antivectorielle.

Après avoir étudié sa propre situation, la communauté pourra utiliser le présent manuel pour décider du choix des mesures de lutte qui lui conviennent le mieux. Ce choix ne doit pas reposer uniquement sur des considérations d'efficacité mais aussi prendre en compte le fait que les mesures retenues doivent être durables et abordables. Il importe également de voir si les services de santé locaux sont en mesure d'apporter un soutien durable, et dans quelle proportion.

Apports des services de santé et de la communauté nécessaires aux différentes mesures de lutte

Apports communautaires		*Apports des services sanitaires*
importants	Méthodes simples et peu coûteuses de protection individuelle nécessitant la participation active de la communauté tout entière.	*modestes*
	Exemples: moustiquaires imprégnées, amélioration de l'habitat, élimination des gîtes larvaires existants ou potentiels à l'intérieur et aux alentours des habitations.	
	Des techniques simples pour empêcher la prolifération des vecteurs, qui demandent une participation active de la population et une supervision directe par des gens du métier.	
	Exemples: élimination des gîtes larvaires, utilisation de poissons larvivores, épandage de larvicides.	
	Méthodes qui exigent du matériel, un personnel dûment formé ainsi que la participation technique et financière de la communauté.	
	Exemple: pulvérisation d'insecticides sur les murs des habitations.	
		_

Méthodes pour l'éradication des maladies ou de leurs vecteurs, qui nécessitent, de la part des services sanitaires, des investissements importants pendant une période limitée et dont la mise en œuvre doit être directement supervisée par des spécialistes de la lutte antivectorielle.

Exemples: le programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest et les divers programmes de lutte antipaludique des années 60 et 70.

Mesures d'urgence, qui réclament une action énergique de la part des services sanitaires, avec l'aide de spécialistes de la lutte antivectorielle.

Exemples: pulvérisation en volume ultra-faible (nébulisation) d'insecticides pour endiguer des épidémies de dengue.

Modestes *importants*

Chapitre 1. Moustiques et autres diptères piqueurs

Vecteurs du paludisme, de la leishmaniose, de l'onchocercose, de la dengue, de la fièvre jaune et autres maladies

Biologie

Les diptères piqueurs sont des insectes volants dotés d'une paire d'ailes qui se nourrissent en suçant le sang de l'homme et des animaux. Dans de nombreuses régions du monde, ils créent, par leurs piqûres, une nuisance considérable. De plus et c'est plus grave, ils véhiculent nombre de maladies, surtout sous les tropiques où ils sont la cause d'une morbidité et d'une mortalité importantes.

Le groupe le plus important de diptères piqueurs est constitué par les moustiques. Ce sont des insectes au corps long et grêle, dotés de longues pattes et de longues pièces buccales en forme d'aiguilles. Parmi les autres diptères, on peut citer les simulies, les phlébotomes, les mouches tsé-tsé ou glossines, les cératopogonides, les tabanidés ou taons, et les stomoxes, dont les pièces buccales sont généralement plus courtes et le corps plus robuste. Les trois derniers groupes ne sont pas très importants en tant que vecteurs de maladies humaines.

Le tableau 1.1 indique les maladies qui sont transmises par chacun de ces groupes.

Caractères distinctifs des diptères piqueurs

Moustiques

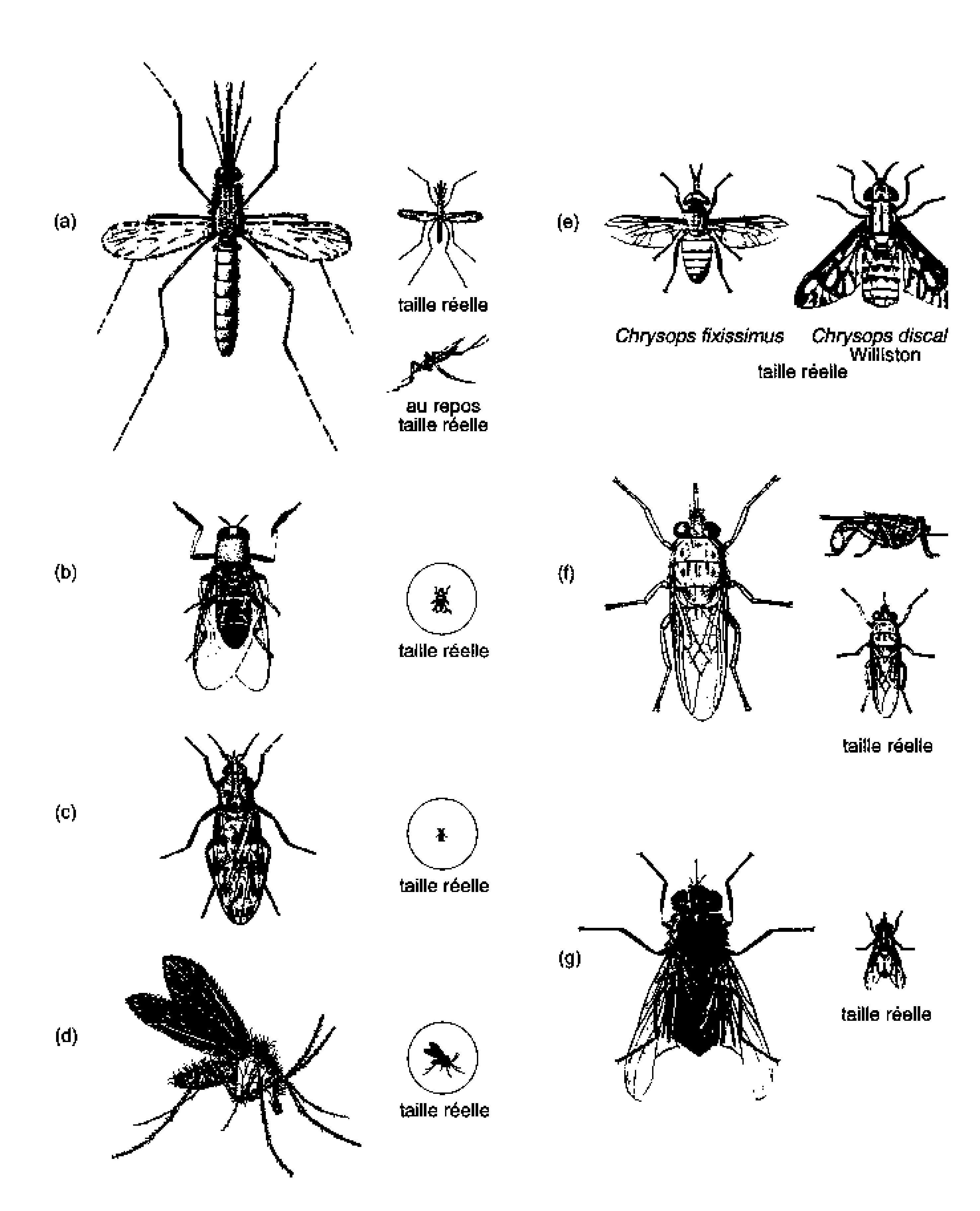
Les moustiques se distinguent des autres insectes piqueurs par leur long corps grêle, leurs longues pattes et leurs pièces buccales en forme d'aiguilles (Fig. 1.1a). On peut

quelquefois discerner une apparence d'écaillés au niveau des ailes. Les imagos (insectes adultes) ont entre 2 et 12,5 mm de longueur.

Tableau 1.1

Maladies transmises par des moustiques et autres et autres diptères piqueurs

Vecteurs	**Maladies**
Moustiques (Culicidés)	
Anopheles	Paludisme, filariose lymphatique
Culex	Filariose lymphatique, encéphalite japonaise, autres viroses
Aedes	Fièvre jaune, dengue, dengue hémorragique, autres viroses, filariose lymphatique
Mansonia	Filariose lymphatique
Autres diptères piqueurs	
Mouches tsé-tsé (glossines)	Trypanosomiase africaine (maladie du sommeil)
Simulies	Cécité des rivières (onchocercose), mansonellose (généralement asymptomatique)
Phlébotomes (*Phlebotomus, Lutzomyia*)	leishmaniose, fièvres à phlébotomes
Taons (tabanidés)	Loase, tularémie
Cératopogonides	Mansonellose (généralement asymptomatique)



(a)
taille réelle
au repos
taille réelle
(b)
taille réelle
(c)
taille réelle
(d)
taille réelle
(e)
Chrysops fixissimus
Chrysops discal
Williston
taille réelle
(f)
taille réelle
(g)
taille réelle

Fig. 1.1 Les diptères piqueurs: a) moustiques (dessin aimablement communiqué par le professeur M. Wéry, Institut de Médecine tropicale, Anvers, Belgique; moustique au repos, © L. Robertson); b) simulies; c) cératopogonides; d) phlébotomes; e) taons; f) glossines; g) stomoxes (tous les dessins aimablement communiqués par le Muséum d'Histoire naturelle de Londres, sauf indication contraire).

Alors que certaines espèces piquent dans la matinée, la soirée ou la nuit, d'autres se nourrissent de préférence pendant la journée. Certaines espèces sont agressives à l'extérieur et d'autres à l'intérieur des habitations.

Simulies

Les simulies sont des insectes au corps trapu qui mesurent environ 1 à 5 mm de long. Elles sont en général de couleur noire, mais il en existe aussi de jaunes et d'orange. Les yeux sont volumineux et les pattes courtes. Les ailes, incolores, sont larges et courtes (Fig. 1.1b). Les simulies piquent pendant la journée, à l'extérieur. Certaines espèces manifestent une préférence exclusive pour certaines parties du corps, par exemple les jambes ou le haut du corps.

Cératopogonides

Les cératopogonides mesurent environ 1,5 mm de long. Leur agressivité se manifeste tout au long de la journée et de la nuit, mais ils ont tendance à piquer plus souvent en fin d'après-midi et en début de nuit. Leurs pièces buccales sont trop courtes (Fig. 1.1c) pour qu'ils puissent piquer efficacement à travers les vêtements; ils se groupent souvent en essaim autour de la tête de leur proie qu'ils essaient de piquer à la face. Ils peuvent également piquer les autres parties découvertes. La plupart des espèces ont une activité trophique exclusivement extradomiciliaire. Ils peuvent constituer une forte nuisance, d'autant plus que leur petite taille leur permet de passer à travers les mailles des moustiquaires ordinaires.

Phlébotomes

Les phlébotomes mesurent environ 1,5 à 4 mm de long. Ce sont des insectes velus avec de gros yeux et des pattes longues et grêles (Fig. 1.1d). Ils se déplacent par vols courts en se posant très souvent. Contrairement à tous les autres diptères piqueurs, ils maintiennent leurs ailes relevées lorsqu'ils sont au repos. Les phlébotomes piquent habituellement après la tombée de la nuit, mais en forêt et par temps couvert, ils peuvent également être agressifs dans la journée. La plupart des espèces se nourrissent à l'extérieur, mais quelques-unes le font également à l'intérieur. Leurs pièces buccales sont trop courtes pour qu'ils puissent piquer à travers les vêtements.

Taons

Les tabanidés sont des mouches de taille moyenne à grande (6 à 25 mm de longueur), au vol puissant et au comportement très hématophage. Certaines espèces représentent les plus grands diptères piqueurs, avec une envergure de 6,5 cm. Leur couleur est variable, claire ou foncée, avec parfois des irisations. La tête est large et les yeux volumineux. Les pièces buccales ne pointent pas vers l'avant comme chez les glossines; elles sont dirigées vers le bas (Fig. 1.1e). Les taons sont particulièrement actifs pendant la journée, lorsque la lumière solaire est vive. Ils sont en général exophiles et se nourrissent principalement dans les bois et les forêts. Leur piqûre est

profonde et douloureuse; elle continue souvent à saigner après l'envol de l'insecte. Les taons peuvent facilement piquer à travers les vêtements.

Glossines

Les glossines ou mouches tsé-tsé ne se rencontrent qu'en Afrique. Ce sont des insectes de couleur jaunâtre ou brun foncé, de taille moyenne (6 à 15 mm). On peut les distinguer des autres grands diptères piqueurs par la position de leurs pièces buccales, qui pointent vers l'avant (Fig. 1.1f; voir aussi les stomoxes). Elles ne piquent que pendant la journée.

Stomoxes

Les stomoxes ou mouches des étables sont des insectes de taille moyenne (5 à 6 mm) et de couleur sombre dont la forme et la taille rappellent celles de la mouche domestique. En Afrique, on peut les distinguer de cette dernière et des autres mouches d'aspect voisin par la position des pièces buccales (Fig. 1.1g), qui, chez les stomoxes, pointent vers l'avant, ainsi que par leur taille plus réduite et la position des ailes qui ne se recouvrent pas au repos. Les stomoxes piquent pendant la journée et surtout à l'extérieur. C'est au voisinage des fermes et autres lieux où sont parqués de gros bestiaux qu'elles piquent le plus souvent. Elles se gorgent la plupart du temps au niveau des membres.

Moustiques

Les moustiques jouent un rôle important dans la transmission d'un certain nombre de maladies tropicales comme le paludisme, les filarioses et plusieurs viroses: dengue, encéphalite japonaise et fièvre jaune notamment. Dans les pays tempérés, ils constituent davantage une nuisance que des vecteurs de maladies.

Il existe environ 3000 espèces de moustiques, dont une centaines sont vectrices de maladies. Les mesures de lutte ne sont en général dirigées que contre une ou quelques-unes des espèces vectrices les plus importantes et peuvent viser soit les imagos, soit les larves.

Cycle de développement

On distingue quatre stades dans ce cycle de développement: l'oeuf, la larve, la nymphe et l'adulte ou imago (Fig. 1.2). En général, les femelles ne s'accouplent qu'une seule fois mais pondent périodiquement pendant toute leur existence. Pour y parvenir, la plupart d'entre elles doivent prendre un repas de sang (Fig. 1.3). Les mâles ne sont pas hématophages; ils se nourrissent de sucs d'origine végétale. La digestion d'un repas de sang et le développement ultérieur des œufs durent 2 à 3 jours sous les tropiques mais peuvent prendre davantage de temps dans les zones tempérées.

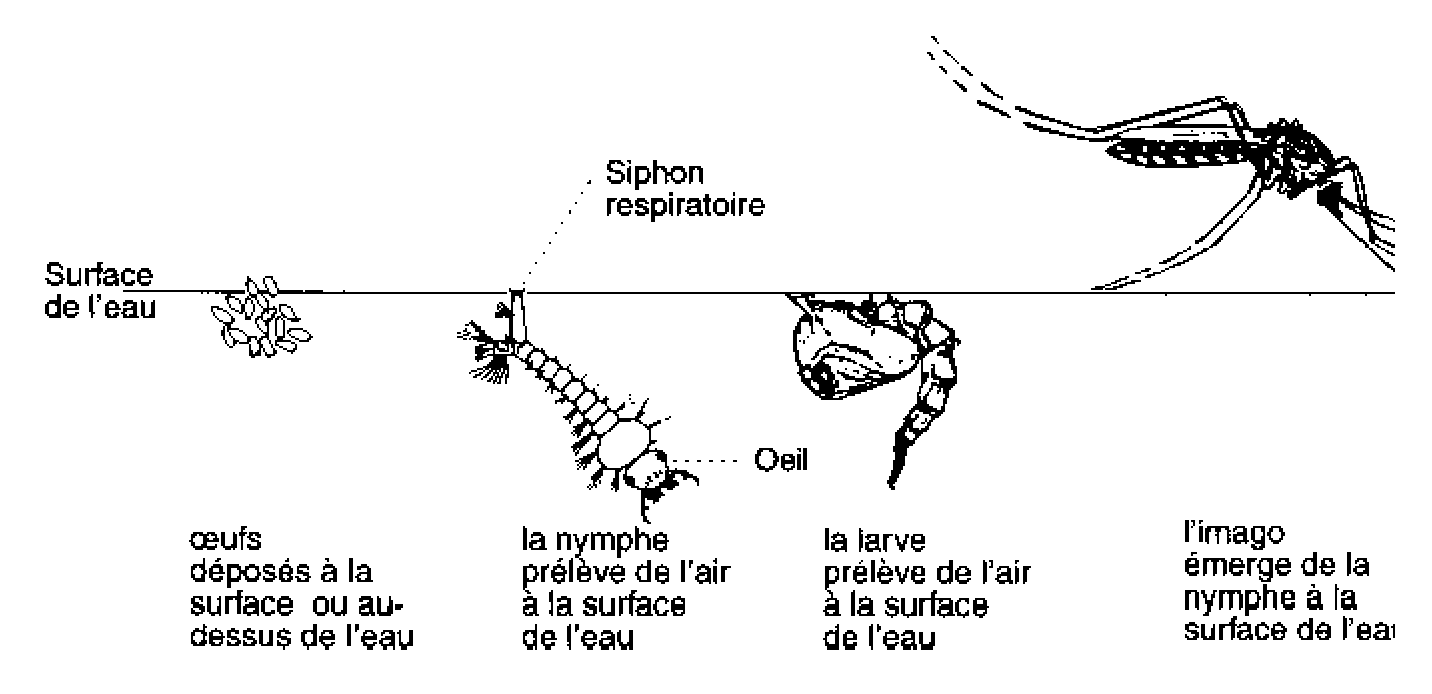


Fig. 1.2 Le cycle de développement du moustique (© OMS).

Les femelles gravides se mettent en quête d'un lieu favorable à la ponte. Une fois qu'elles y ont déposé leurs œufs, elles retournent prendre un autre repas de sang, vont pondre à nouveau et ainsi de suite jusqu'à la mort.

Une femelle pond de 30 à 300 œufs à la fois, selon l'espèce. De nombreuses espèces déposent leurs œufs directement à la surface de l'eau, soit isolément (*Anopheles*), soit en amas sous forme de radeaux flottants (par ex. *Culex*). Sous les tropiques, les œufs éclosent habituellement en 2 à 3 jours. Certaines espèces (par ex. *Aedes*) déposent leurs œufs juste en-dessous de la surface ou sur la boue humide; ces œufs n'éclosent que lorsque l'eau les recouvre. Desséchés, ils peuvent rester viables pendant des semaines.

Après l'éclosion, les larves ne se développent pas en continu; elles passent par quatre stades différents (instars). Au premier stade, la larve mesure environ 1,5 mm de long et au quatrième environ 8-10 mm. Les larves sont dépourvues de pattes mais elles possèdent une tête et un corps bien développés qui sont recouverts de soies. Elles sont capables de nager dans l'eau grâce à des mouvements ondulants de leur corps. Elles se nourrissent de levures, de bactéries et de petits organismes aquatiques. La plupart sont dotées d'un siphon respiratoire situé à l'extrémité de l'abdomen, qui leur permet de respirer en venant déboucher à la surface. Elles plongent pendant de courtes périodes pour échapper à un danger ou rechercher de la nourriture. Les larves d'anophèles, qui respirent et se nourrissent en adoptant une position parallèle à la surface, sont pourvues d'un siphon rudimentaire. Les larves de *Mansonia* n'ont pas besoin de venir respirer à la surface, car elles peuvent prélever de l'air en insérant leur siphon dans une plante aquatique à laquelle elles restent d'ailleurs fixées la majeure partie du temps.

Sous les climats chauds, le stade larvaire dure 4 à 7 jours ou davantage en cas de pénurie de nourriture. Parvenue au terme de son développement, la larve se transforme en une nymphe, dont la forme générale est celle d'une virgule. Les

nymphes ne se nourrissent pas et passent la majeure partie de leur temps à la surface de l'eau. Elles plongent rapidement vers le fond si elles sont dérangées. Lorsque la nymphe arrive à maturité, son tégument se fend à une extrémité, livrant passage à un moustique adulte complètement développé. Sous les tropiques, le stade nymphal dure de 1 à 3 jours. Lorsque les conditions sont favorables, le passage de l'œuf à l'imago prend de 7 à 13 jours.



Fig. 1.3 Abdomen dilaté d'un moustique récemment gorgé.

Agressivité des moustiques

Les femelles se nourrissent sur l'homme et les animaux. La plupart des espèces manifestent des préférences quant au choix de leurs hôtes. Elles sont attirées par les odeurs corporelles, par le dioxyde de carbone et par la chaleur qu'émettent leurs hôtes. Certaines espèces ont un rythme d'agressivité particulier et piquent de préférence à certaines heures, par exemple au crépuscule, à l'aube ou au milieu de la nuit. En général, c'est pendant la nuit que les femelles se gorgent mais elles peuvent aussi piquer pendant la journée. Certaines espèces se nourrissent de préférence en forêt et d'autres à l'extérieur ou au contraire à l'intérieur des habitations.

Comme la digestion du repas de sang et le développement des œufs durent plusieurs jours, le moustique, une fois gorgé, cherche un endroit ombragé où il puisse se reposer en toute sécurité, sans crainte de dessication. Certaines espèces préfèrent se reposer à l'intérieur des habitations ou dans les abris destinés au bétail, alors que d'autres choisissent plutôt de le faire à l'extérieur, sur la végétation ou sur tout autre site naturel. En général, les moustiques ne piquent pas pendant le développement des œufs.

Selon leur comportement, les moustiques peuvent constituer simplement une nuisance ou devenir des vecteurs de maladies et cela conditionne le choix des méthodes de démoustication. Les espèces qui se nourrissent de préférence sur les animaux ne sont généralement pas capables d'assurer efficacement la transmission interhumaine des maladies. Il est probablement plus difficile d'éviter les piqûres en début de soirée que durant la nuit. Les moustiques qui se reposent à l'intérieur sont les plus faciles à combattre.

Caractères distinctifs des moustiques vecteurs

Il existe, parmi les moustiques, deux groupes hématophages qui s'attaquent à l'homme et sont susceptibles de transmettre des maladies.

- Les anophèles; le genre *Anopheles* est surtout connu pour son rôle dans la transmission du paludisme, mais il peut aussi transmettre la filariose dans certaines régions.

- Les culicines, qui comprennent les genres suivants:

- *Culex:* vecteurs de la filariose et de certaines maladies virales;

- *Aedes:* vecteurs de la dengue, de la fièvre jaune et d'autres viroses ainsi parfois que de la filariose;

- *Mansonia:* vecteurs de la brugiose;

- *Haemagogus* et *Sabethes:* vecteurs de la fièvre jaune dans les forêts d'Amérique du Sud et d'Amérique centrale.

La figure 1.4 montre en quoi les moustiques des genres *Anopheles, Aedes* et *Culex* se distinguent les uns des autres. Les caractères les plus utiles pour distinguer les anophèles des autres moustiques sont les suivants:

- la longueur des palpes est égale à celle de la trompe;

- lorsque le moustique est au repos, ses pièces buccales et son abdomen sont généralement alignés et inclinés par rapport à la surface sur laquelle il se tient; cette inclinaison varie selon les espèces et peut parfois approcher 90°. *Anopheles culicifacies,* vecteur du paludisme en Asie du sud-est, constitue une exception; il se tient presque parallèle à sa surface de repos. Comme son nom l'indique, il ressemble superficiellement à un moustique du genre *Culex.*

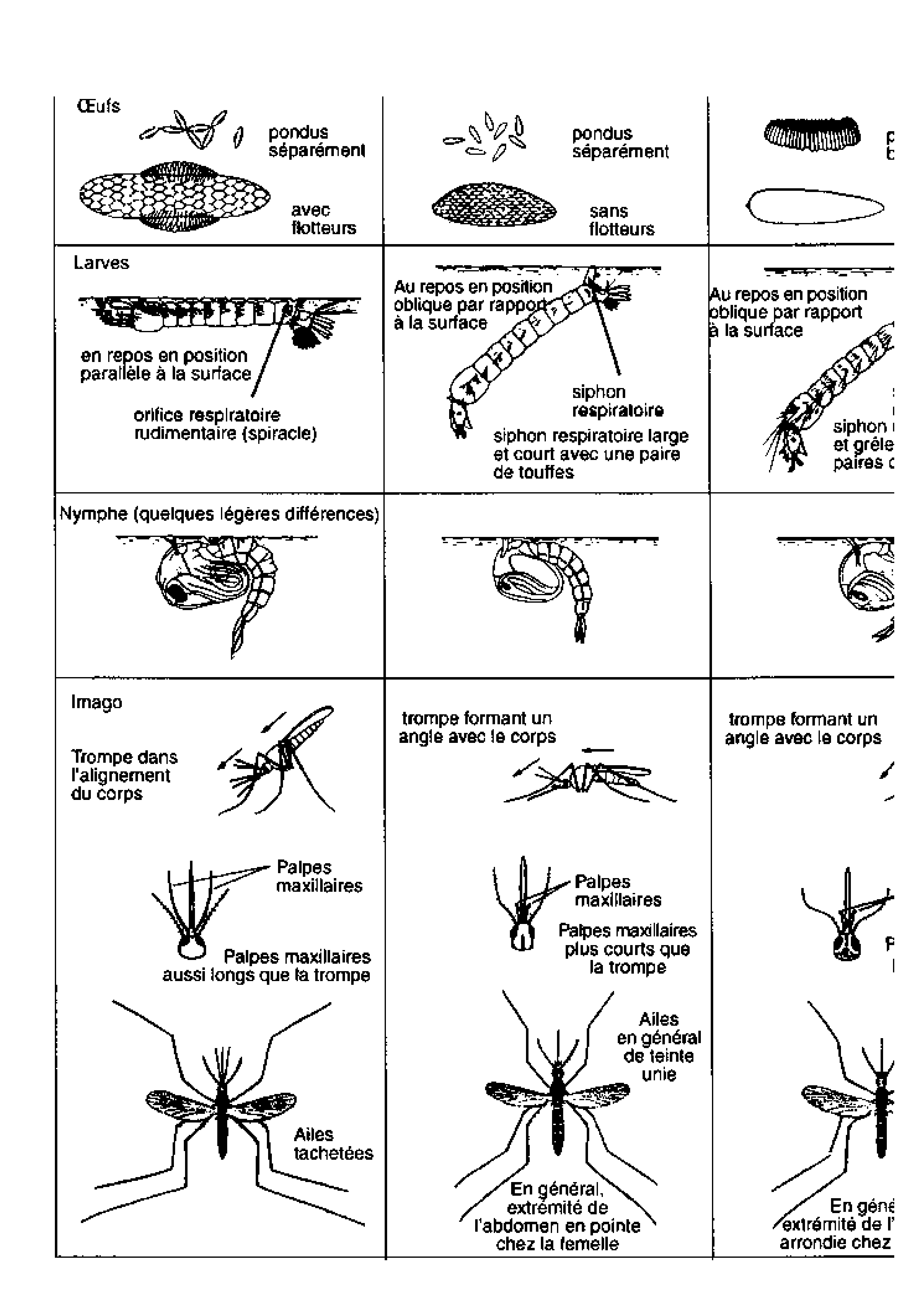

Œufs
pondus séparément
avec flotteurs
pondus séparément
sans flotteurs
Larves
en repos en position parallèle à la surface
orifice respiratoire rudimentaire (spiracle)
Au repos en position oblique par rapport à la surface
siphon respiratoire
siphon respiratoire large et court avec une paire de touffes
Au repos en position oblique par rapport à la surface
Nymphe (quelques légères différences)
Imago
Trompe dans l'alignement du corps
Palpes maxillaires
Palpes maxillaires aussi longs que la trompe
Ailes tachetées
trompe formant un angle avec le corps
Palpes maxillaires
Palpes maxillaires plus courts que la trompe
Ailes en général de teinte unie
En général, extrémité de l'abdomen en pointe chez la femelle
trompe formant un angle avec le corps

Fig. 1.4 Quelques-uns des principaux caractères distinctifs des moustiques des genres *Anopheles, Aedes* et *Culex* (© OMS).

WHO 99279/F

Les moustiques du genre *Anopheles*

Il existe dans le monde environ 380 espèces appartenant au genre *Anopheles* (Fig. 1.5). Quelque 60 d'entre elles sont suffisamment attirées par l'Homme pour constituer des vecteurs du paludisme. Un certain nombre d'anophèles sont également des vecteurs de la filariose et de diverses viroses.

Cycle de développement

Les gîtes larvaires varient d'une espèce à l'autre, mais sont souvent exposés au soleil et généralement associés à la végétation: plantes dressées ou à feuilles flottantes, algues. Les sites les plus fréquemment choisis pour la ponte sont les mares, les zones de suintement, les anses calmes des rivières au cours lent, les rizières, l'aisselle des feuilles de certaines plantes épiphytes ainsi que les flaques d'eau de pluie. Les récipients artificiels, tels que pots, baquets, citernes et réservoirs surélevés ne leur conviennent généralement pas, sauf dans le cas d'*Anopheles stephensi* en Asie du sud-ouest.

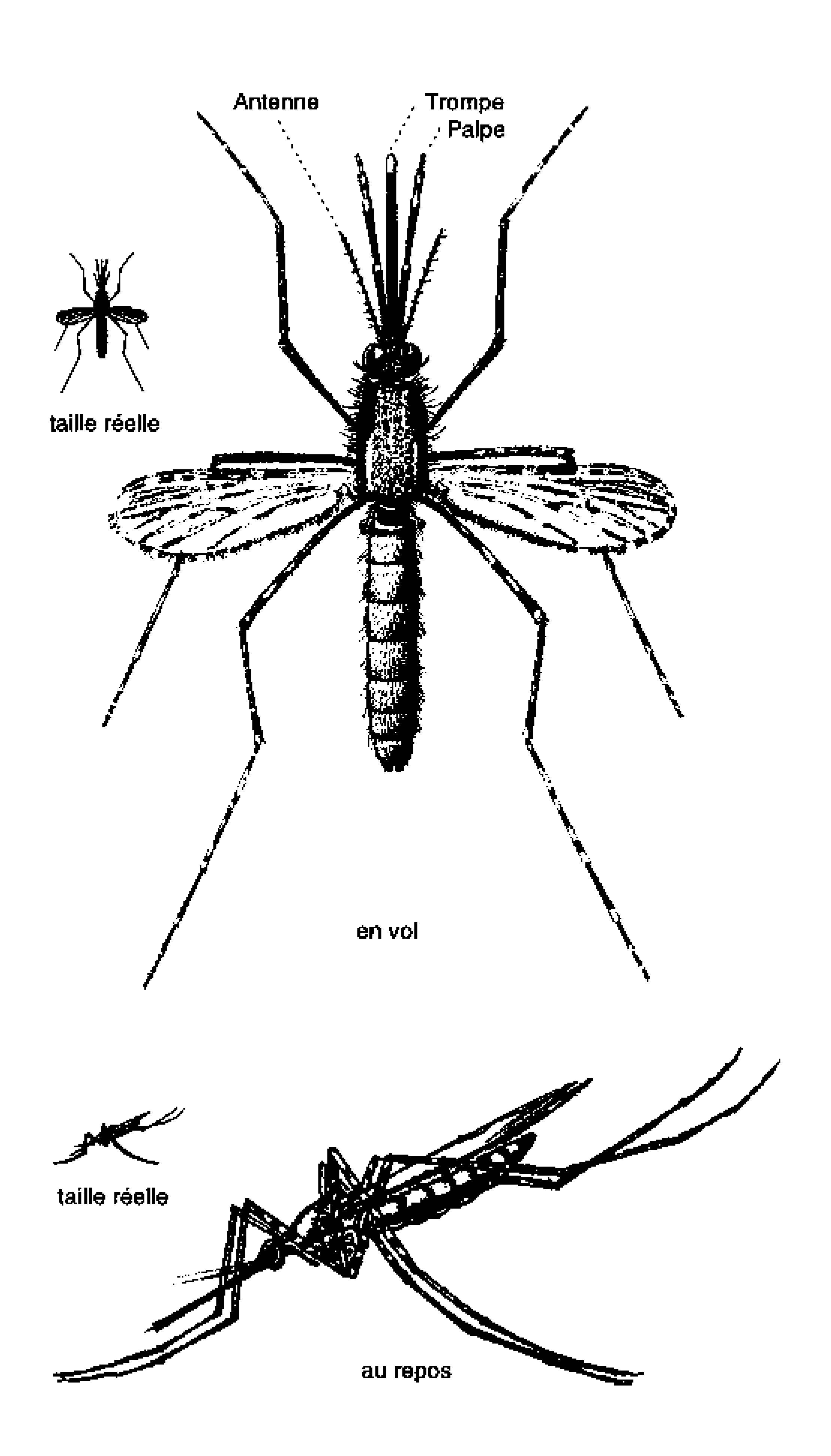

Antenne
Trompe
Palpe
taille réelle
en vol
taille réelle
au repos

Fig. 1.5 Un anophèle: a) en vol (schéma aimablement communiqué par le professeur M. Wéry, Institut de Médecine tropicale d'Anvers, Belgique); b) au repos (© L. Robertson).

Les œufs sont pondus un à un à la surface de l'eau et flottent jusqu'à l'éclosion. De forme oblongue, ces œufs sont munis d'une paire de flotteurs latéraux et mesurent environ 1 mm de longueur. L'éclosion se produit dans les 2 à 3 jours. Les larves flottent horizontalement à la surface et s'y nourrissent de particules organiques. Sous les tropiques, il faut 11 à 13 jours pour passer de l'œuf à l'imago.

Comportement

Les anophèles sont actifs du coucher au lever du soleil. Chaque espèce a des heures d'agressivité maximale qui lui sont propres et il y a également des variations dans les préférences pour une activité intra- ou extradomiciliaire.

Les anophèles qui pénètrent dans les habitations pour se nourrir y prennent souvent quelques heures de repos une fois gorgés. Ils peuvent ensuite sortir pour se rendre vers leurs gîtes de repos abrités, constitués par la végétation, les terriers de rongeurs, les fentes et les fissures des arbres ou du sol, les grottes et la partie inférieure du tablier des ponts. Il peuvent également demeurer à l'intérieur pendant tout le temps nécessaire à la digestion du repas de sang et à la production des œufs. Les anophèles se reposent plus souvent à l'intérieur dans les zones sèches ou ventées, où ils ne trouvent guère de gîtes de repos extérieurs suffisamment sûrs. Une fois les œufs parvenus à leur stade final de développement, les moustiques abandonnent leur lieu de repos à la recherche d'un biotope convenable pour la ponte.

Nombre d'espèces d'anophèles se nourrissent à la fois sur l'Homme et sur l'animal. Elles ne manifestent toutefois pas toutes la même préférence pour l'un ou pour l'autre. Certaines espèces s'alimentent principalement sur les animaux alors que d'autres ne se gorgent pratiquement que sur l'Homme. Ces dernières sont les plus dangereuses comme vecteurs du paludisme.

Les moustiques du genre *Culex*

On a décrit environ 550 espèces appartenant au genre *Culex* (Fig. 1.6), qui sont pour la plupart des espèces tropicales ou subtropicales. Certaines d'entre elles jouent un rôle important comme vecteurs de la filariose de Bancroft et d'arboviroses telles que l'encéphalite japonaise. Dans certaines régions, elles constituent une nuisance importante.

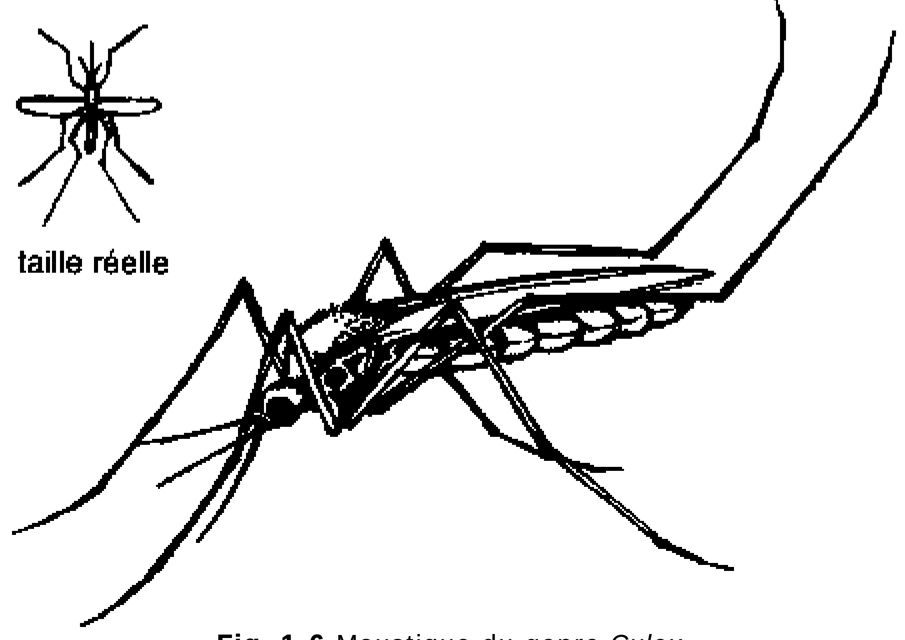


Fig. 1.6 Moustique du genre *Culex.*

Cycle de développement

Les femelles déposent à la surface de l'eau des «barquettes» ou «radeaux» qui peuvent comporter jusqu'à une centaine d'œufs ou davantage. Ces barquettes flottent jusqu'à l'éclosion des œufs qui se produit dans les 2 à 3 jours. Les moustiques du genre *Culex* se reproduisent dans les lieux les plus variés, depuis les récipients artificiels et les bassins qui recueillent les eaux de drainage jusqu'aux vastes étendues d'eau à caractère permanent. L'espèce la plus courante, *Culex quinquefasciatus,* qui représente une importante nuisance et transmet la filariose de Bancroft, pond surtout dans les eaux polluées par des matières organiques telles qu'ordures ménagères, excréments ou végétaux en décomposition. On peut citer comme exemples de gîtes larvaires, les puits perdus, les fosses septiques, les latrines à fosse, les drains bouchés, les canaux et les puits abandonnés. Dans de nombreux pays en développement, *Culex quinquefasciatus* se rencontre communément dans les zones urbaines en développement rapide qui souffrent d'un drainage et d'un assainissement insuffisants.

Culex tritaeniorhynchus, le vecteur de l'encéphalite japonaise en Asie, préfère des eaux plus propres. Il se rencontre le plus souvent dans les rizières irriguées et dans les fossés.

Comportement

Culex quinquefasciatus est une espèce nettement domestique. La femelle adulte pique indifféremment hommes et animaux tout au long de la nuit, à l'intérieur comme à l'extérieur. Pendant la journée, les moustiques sont inactifs et se reposent souvent dans les recoins sombres des pièces, des abris et des ponts dormants. Ils se reposent également à l'extérieur, sur la végétation ainsi que dans les trous des arbres en milieu forestier.

Les moustiques du genre *Aedes*

Ces moustiques se rencontrent partout dans le monde et comptent plus de 950 espèces. Ils peuvent représenter, par leurs piqûres, une sérieuse nuisance pour l'Homme et les animaux, tant sous les tropiques que sous les climats tempérés. Dans les pays tropicaux, *Aedes aegypti* (Fig. 1.7) est un important vecteur de la dengue, de la dengue hémorragique, de la fièvre jaune et d'autres viroses. Une autre espèce très proche, *Aedes albopictus,* peut également transmettre la dengue. Dans certaines régions, les moustiques du genre *Aedes* transmettent la filariose.

Cycle de développement

Les œufs sont pondus isolément juste au-dessus ou à proximité de la surface de l'eau, dans des mares temporaires ou d'autres biotopes aquatiques dont le niveau monte et descend. Ils peuvent résister pendant des mois à la dessication et n'éclosent que lorsqu'ils sont recouverts par l'eau. Dans les régions où les hivers sont froids, toutes les espèces d'*Aedes* survivent à ces périodes à l'état d'œufs. Certaines espèces se reproduisent dans les marécages saumâtres du littoral qu'inondent de temps à autres de grandes marées ou des précipitations exceptionnellement fortes, alors que d'autres se sont adaptées aux pratiques agricoles en matière d'irrigation.

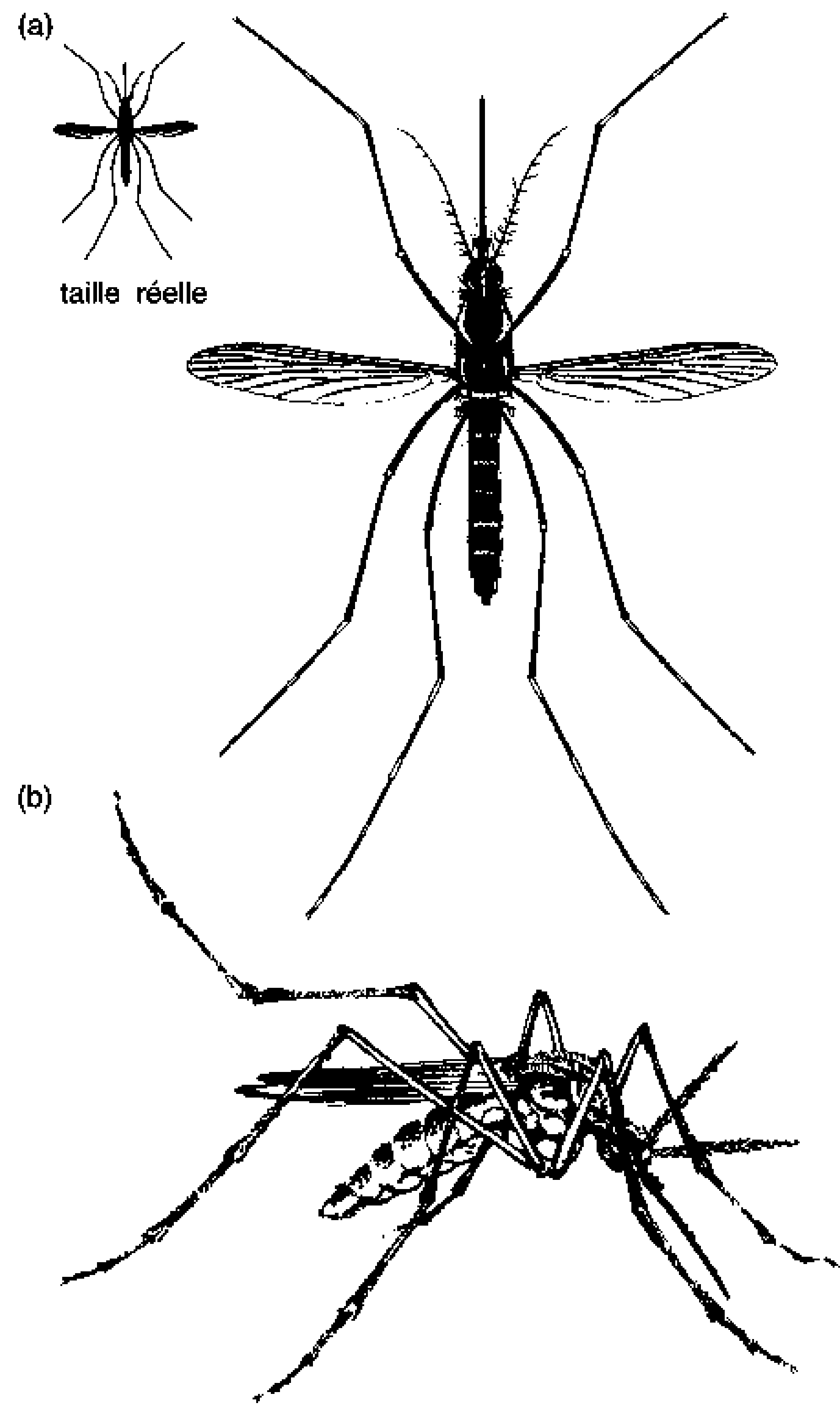


Fig. 1.7 *Aedes aegypti:* a) en vol (document aimablement communiqué par le Natural History Museum de Londres) et b) au repos (© L. Robertson). *Aedes aegypti* se reconnaît facilement aux anneaux contrastés noirs et blancs de ses pattes ainsi qu'aux marques argentées en forme de lyre que l'on peut voir sur la face supérieure du thorax.

Aedes aegypti se reproduit principalement dans l'environnement domestique: il élit domicile de préférence dans des citernes, des bacs ou des pots remplis d'eau situés à l'intérieur ou à l'extérieur des habitations, dans les chéneaux, l'aisselle des feuilles, les tiges de bambous et des récipients temporaires tels que pots, bacs, fûts, vieux pneus, boîtes de conserve, bouteilles ou pots de fleurs. Tous ces récipients se caractérisent par le fait qu'ils contiennent une eau relativement propre.

Aedes albopictus ne se rencontrait à l'origine qu'en Asie et à Madagascar, mais récemment, il a envahi l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud ainsi que l'Afrique de l'Ouest où il pourrait devenir un important vecteur de la dengue et d'autres viroses. A l'instar d'*Aedes aegypti,* il choisit pour gîtes larvaires des récipients temporaires mais préfère les biotopes naturels des forêts: trous d'arbres, aisselle des feuilles, mares, coques de noix de coco etc. et il pond plus souvent à l'extérieur dans les jardins qu'à l'intérieur, dans des récipients artificiels.

Comportement

Les moustiques du genre *Aedes* piquent principalement le matin ou le soir. La plupart des espèces piquent et se reposent à l'extérieur mais dans les villes des tropiques, *Aedes aegypti* se reproduit, se nourrit et se repose à l'intérieur et aux abords des habitations.

Les moustiques du genre *Mansonia*

Les moustiques du genre *Mansonia* se rencontrent principalement dans les zones marécageuses des pays tropicaux. Certaines espèces sont d'importants vecteurs de la brugiose en Inde du Sud, en Indonésie et en Malaisie.

Leur corps, de même que les pattes et les ailes, est recouvert d'écaillés brun foncé ou plus claires qui leur donnent un aspect poussiéreux, comme s'ils étaient saupoudrés de sel et de poivre.

Cycle de développement

Les espèces qui transmettent la filariose pondent normalement leurs œufs en masses fixées à la face inférieure des plantes qui flottent ou pendent près de la surface de l'eau. Comme les larves et les nymphes s'accolent aux plantes aquatiques pour pouvoir respirer, on ne les trouve que dans des étendues d'eau dotées d'une végétation permanente: marais, étangs, fossés et canaux d'irrigation herbeux - et elles peuvent être difficiles à repérer. Elles se rencontrent également dans des eaux plus profondes avec une végétation flottante, très souvent fixées à la partie immergée de ces plantes aquatiques (*Eichhornia, Pistia, Salvinia*) (Fig. 1.8).

Comportement

Les espèces du genre *Mansonia* piquent généralement la nuit, la plupart du temps à l'extérieur, mais certaines pénètrent dans les habitations. Une fois gorgées, les femelles se reposent en général à l'extérieur.

Simulies

Les simulies (Fig. 1.9), dont on connaît environ 1300 espèces, se rencontrent un peu partout dans le monde. Généralement de couleur noire, elles ont de 1,5 à 4 mm de longueur. Les simulies sont les vecteurs de l'onchocercose ou cécité des rivières en Afrique, en Amérique centrale et en Amérique du Sud. En Afrique, les espèces les plus importantes sont *Simulium neavei* ainsi que les membres du complexe *Simulium damnosum.* Elles constituent en outre une sérieuse nuisance dans de nombreuses régions du monde du fait de leurs douloureuses piqûres et de leurs attaques en masses quelquefois énormes. Les piqûres de simulies peuvent provoquer une enflure et une inflammation locales accompagnées d'une intense irritation cutanée se prolongeant pendant quelques jours à plusieurs semaines. En principe, les simulies ne pénètrent pas dans les habitations.

Cycle de développement

Les simulies pondent leurs œufs dans des eaux très courantes fortement oxygénées: ruisseaux, rivières ou déversoirs de barrages (Fig. 1.10). Sous les tropiques, il leur faut 1 à 4 jours pour éclore. Les larves ne nagent pas et restent fixées à la végétation subaquatique, aux pierres et autres substrats. Elles se nourrissent de particules en suspension. Selon le climat, le stade larvaire peut se prolonger d'une semaine à plusieurs mois. Les nymphes restent également fixées aux objets immergés et l'éclosion imaginale se produit dans les 2 à 6 jours.

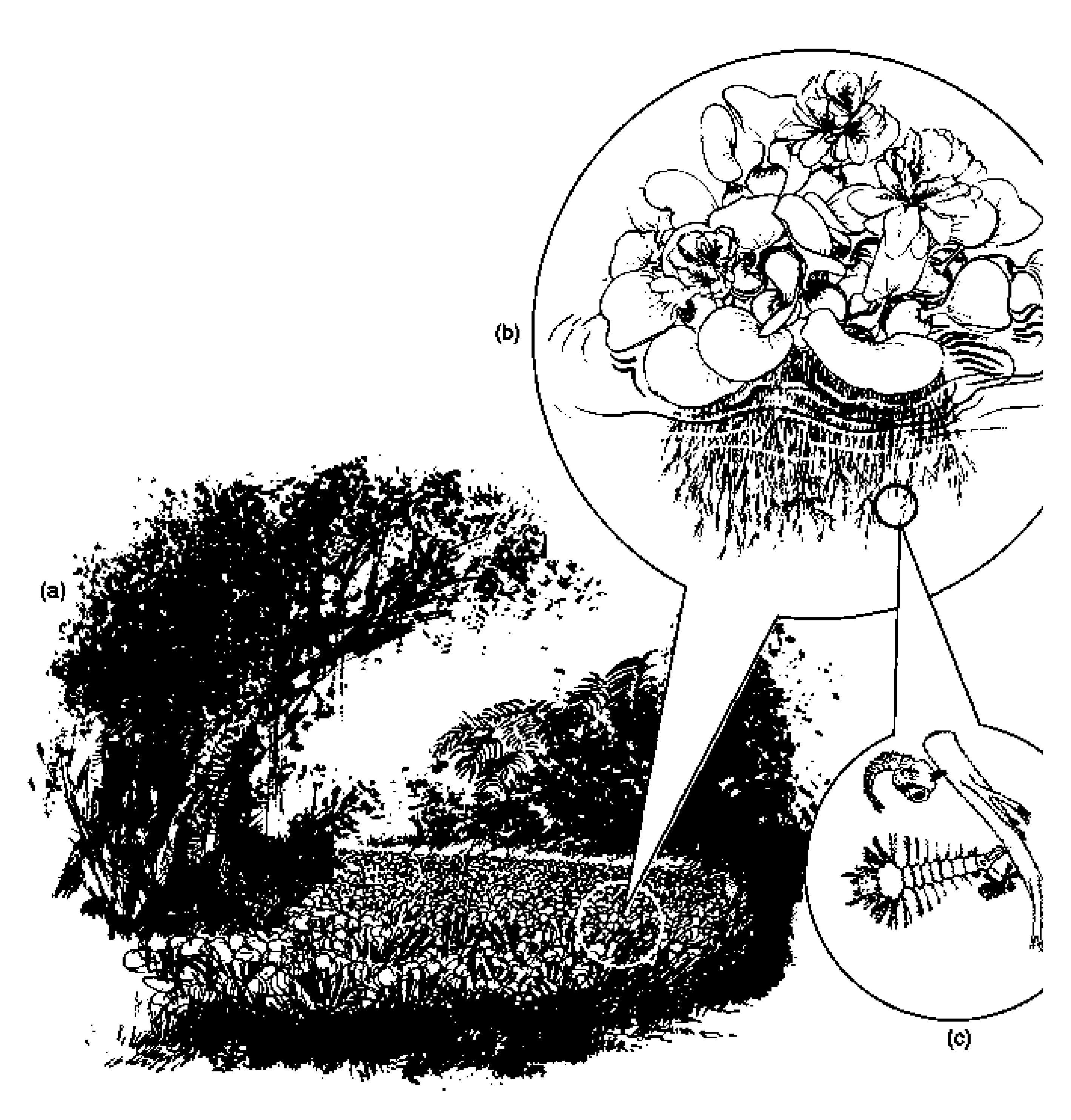


Fig. 1.8 Canal dans lequel la surface de l'eau est recouverte de touffes de jacinthe d'eau (*Eichhornia*) a) (© L. Robertson). A droite b), vue rapprochée de la jacinthe d'eau (© L. Robertson). Des larves et des nymphes de *Mansonia* sont fixées aux racines d'où elles prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration c) (2). Copyright Blackwell Science Ltd.

Comportement

Les simulies piquent à l'extérieur et pendant la journée, en particulier le long des berges des cours d'eau. Certaines espèces ont une préférence marquée pour des parties du corps bien déterminées. En Afrique de l'Ouest par exemple, *Simulium damnosum* pique principalement aux jambes. La plupart des espèces se nourrissent principalement sur des mammifères et des oiseaux; un certain nombre sont anthropophiles. Sous les tropiques, les simulies mettent 2 à 3 jours pour digérer leur repas de sang dans les trous d'arbres et autres sites naturels qui leur servent de lieux de repos.

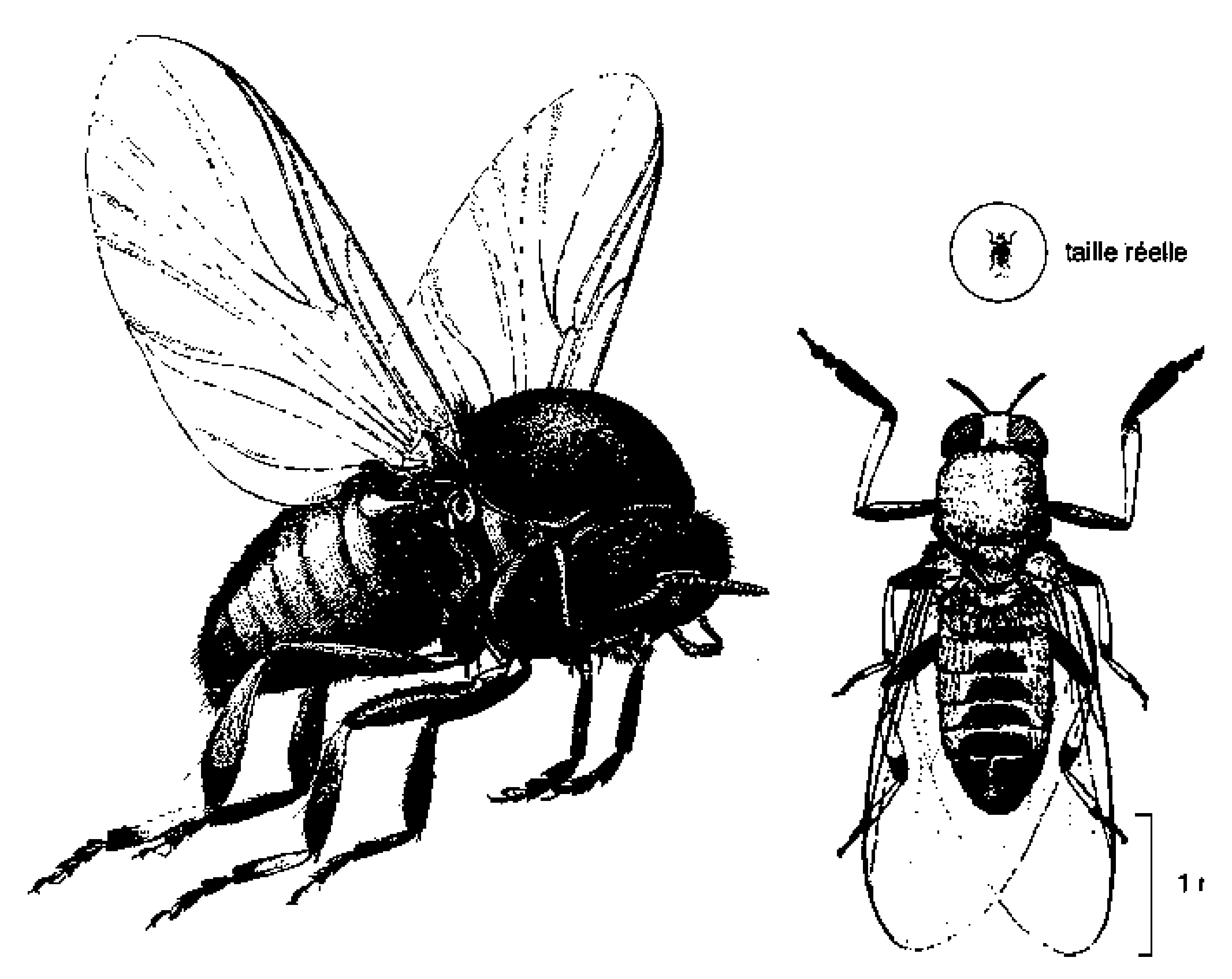


Fig. 1.9 Simulie: a) en vol (© OMS); b) au repos (dessins aimablement communiqués par le Natural history Museum de Londres).

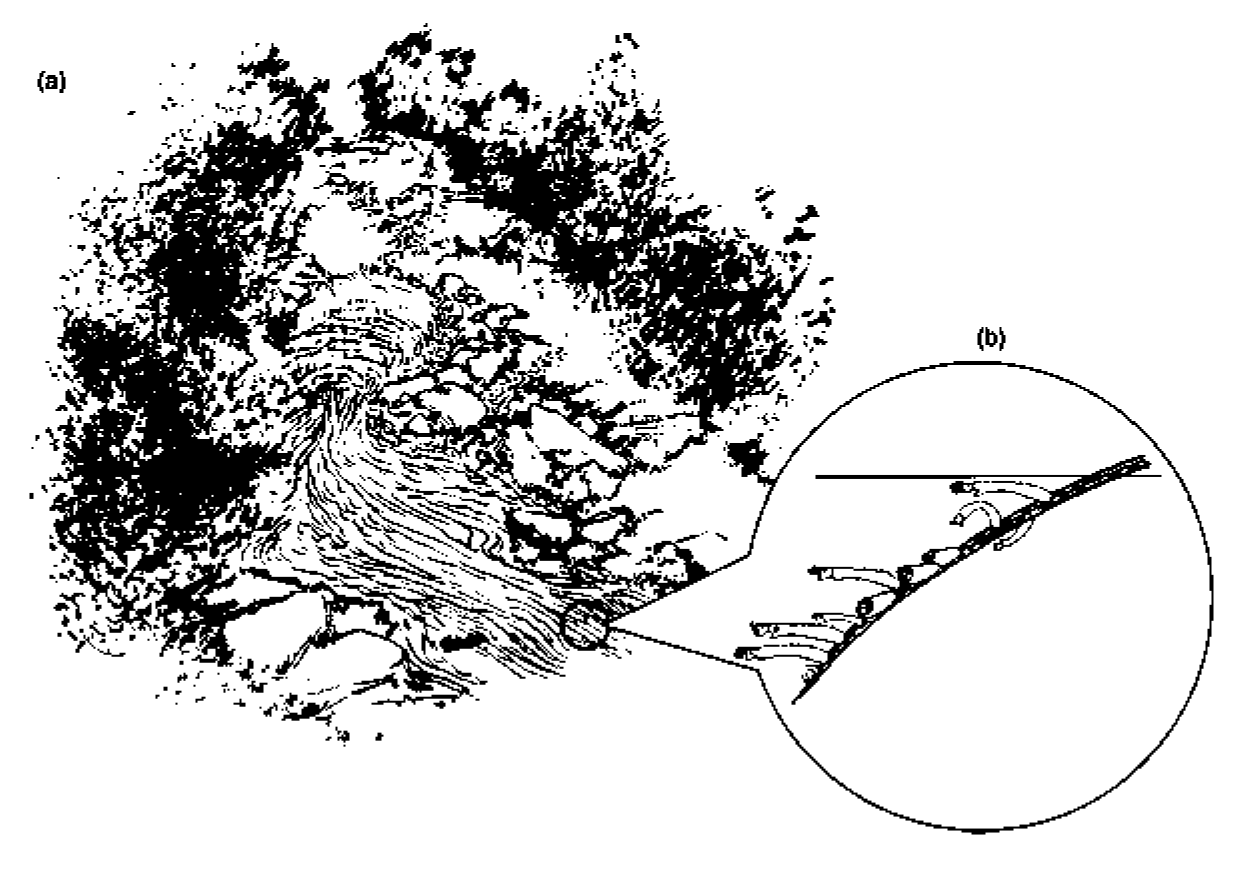


Fig. 1.10 a) Gîte larvaire typique de simulie (© L. Robertson). Les simulies adultes pullulent souvent dans ces lieux. b) Larves fixées à la feuille d'une plante immergée (Dessin aimablement communiqué par le Natural History Museum de Londres).

Phlébotomes

Les phlébotomes (Fig. 1.11), sortes de petits moustiques hématophages, sont d'importants vecteurs de la leismaniose et peuvent constituer, par leurs piqûres, une nuisance sérieuse, encore que localisée. Les espèces de la région méditerranéenne peuvent transmettre une virose connue sous les noms de fièvre à phlébotomes, fièvre à pappataci ou encore fièvre de trois jours.

Cycle de développement

Les phlébotomes vivent dans des habitats variés qui vont de zones semi-désertiques à la forêt ombrophile. Ils pondent leurs œufs dans des lieux humides, sur des sols détrempés riches en humus. Les larves se nourrissent de matières organiques en décomposition. Les petits trous ou fissures du sol, les puits de ventilation des termitières, les terriers, les fentes des murs, les interstices des ouvrages de maçonnerie ou les racines des arbres, peuvent leur convenir comme gîtes larvaires. D'importantes populations de phlébotomes peuvent se constituer dans les quartiers d'habitation, là où le bétail est regroupé pour la nuit. Les insectes trouvent dans ces bovins une abondante source de sang, tandis qu'étables et maisons leur fournissent des lieux de repos convenables (Fig. 1.12). Le cycle de développement peut durer de 1 à 4 mois, selon l'espèce et la température, mais il est en général de moins de 45 jours.

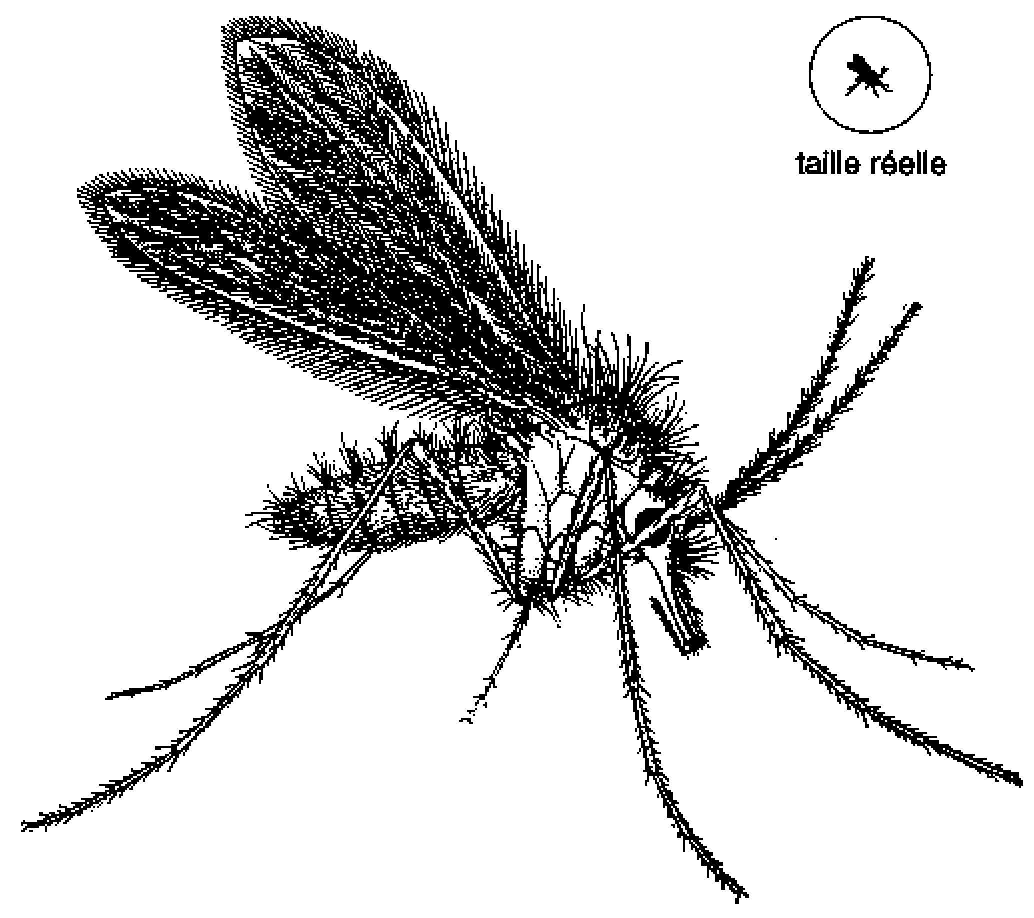


Fig. 1.11 Phlébotome. Longueur: environ 1,5 à 3,5 mm; fortement velu; gros yeux sombres; pattes longues et grêles (Dessin aimablement communiqué par le Natural History Museum de Londres).

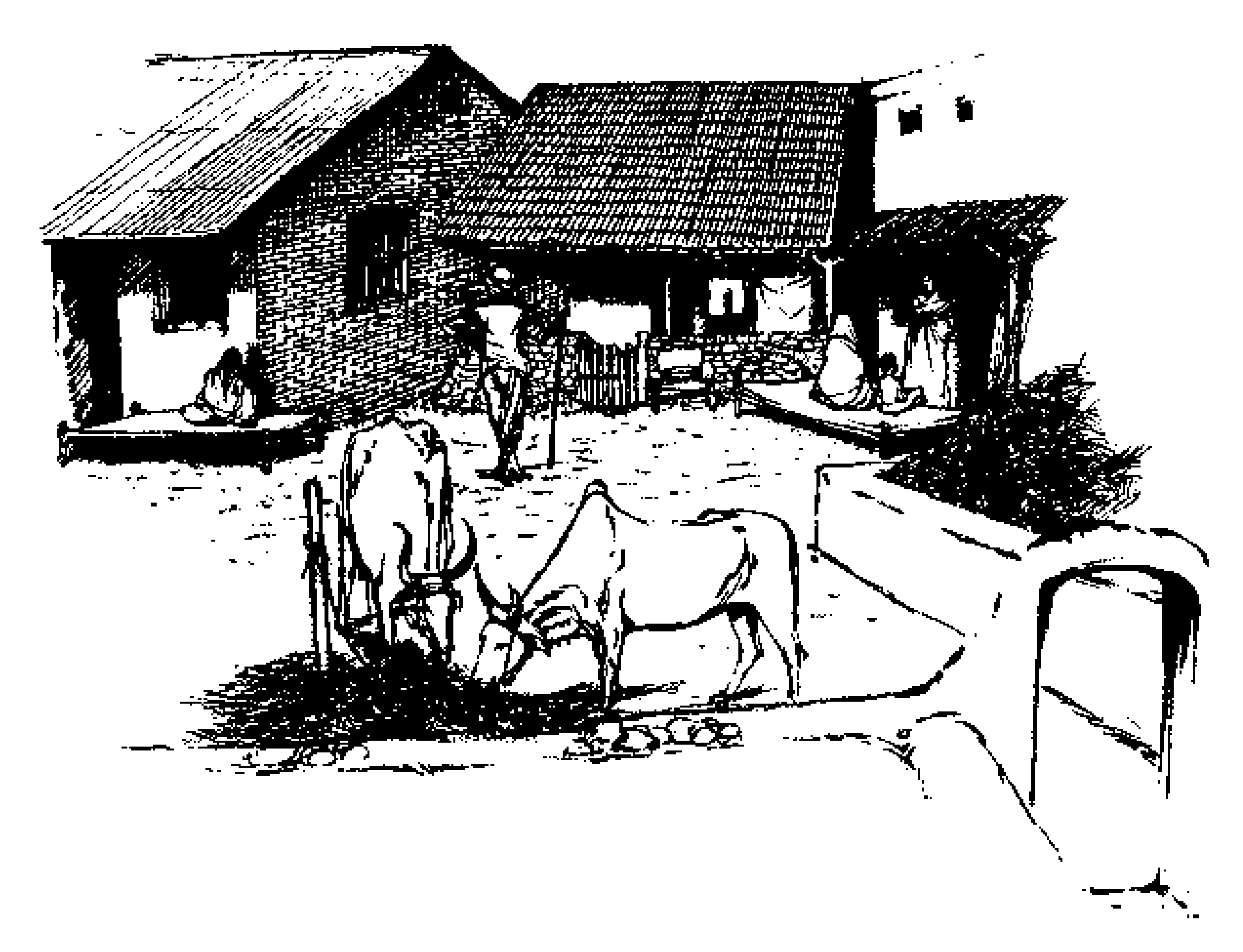


Fig. 1.12 Un lieu de transmission caractéristique de la leishmaniose viscérale.

Comportement

Peu doués pour le vol, les phlébotomes adultes restent en général à quelques centaines de mètres de leurs gîtes larvaires. Ils s'envolent et se posent sans cesse, ce qui donne à leur vol une allure sautillante et saccadée caractéristique. Dans ces conditions, ils ne piquent que là où ils trouvent des lieux de ponte appropriés. Ils piquent la plupart du temps à l'extérieur mais certaines espèces se nourrissent également à l'intérieur. Les espèces sont en majorité actives à l'aube, au crépuscule ou pendant la nuit, mais en forêt ou dans une pièce sombre, elles peuvent également se montrer agressives durant le jour, surtout si elles sont dérangées par les activités humaines. Au cours de la journée, les phlébotomes se reposent en général dans des lieux abrités, humides et sombres, comme ceux où ils se nourrissent, mais peuvent aussi élire domicile dans des creux d'arbres, des grottes, des maisons ou des étables. A proximité des habitations, ils peuvent également trouver refuge dans les fissures des murs, les piles de bois ou de briques et les tas d'immondices.

Les phlébotomes se nourrissent de sucs végétaux, mais la plupart du temps, les femelles ont besoin d'un repas de sang pour assurer le développement de leur œufs. Le phénomène d'autogénèse a été observé chez quelques espèces. Le repas de sang est pris sur l'Homme ou sur des animaux comme le chien, le bétail domestique, les rongeurs sauvages, les serpents, les lézards et les oiseaux. Chaque espèce a des préférences trophiques particulières, mais la disponibilité des différents hôtes joue un

rôle important. La salive des phlébotomes peut accroître la virulence des leishmanies qu'ils inoculent. Les phlébotomes ne sont d'importants vecteurs des leismanioses que dans la mesure où ils se nourrissent régulièrement sur l'Homme.

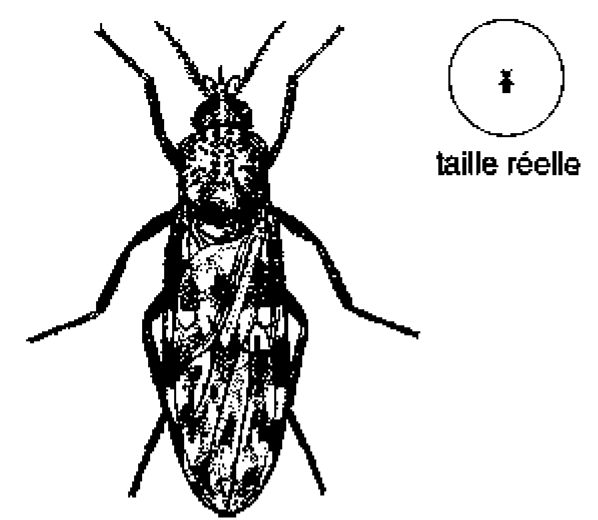


Fig. 1.13 Cératopogonide (Dessin aimablement communiqué par le Natural History Museum de Londres).

Cératopogonides

Les cératopogonidés (Fig. 1.13) forment une famille de petits diptères hématophages dont la longueur avoisine 1,5 mm. Le genre le plus important, *Culicoides,* est un genre cosmopolite qui peut par ses piqûres, constituer une sérieuse nuisance, de même que le genre *Leptoconops* dans les Amériques. Dans certaines régions d'Amérique du Sud et d'Afrique, ces insectes transmettent les filaires *Manzonella ozzardi* et *M. perstans,* généralement considérées comme non pathogènes pour l'Homme.

Dans certaines régions, on a tendance à confondre ces insectes avec les phlébotomes mais en réalité, ils s'en distinguent par le fait qu'en position de repos, leurs ailes sont repliées à plat sur le corps; en outre, ils volent souvent en essaims autour de la tête et des parties exposées du corps de leurs proies et leur vol n'a pas l'allure sautillante de celui des phlébotomes.

Cycle de développement

De nombreuses espèces se reproduisent dans des zones marécageuses aux eaux douces ou saumâtres, ainsi que dans la vase des mangroves; elles pondent leurs œufs sur les parties surélevées de la boue ou du sol humide. Certaines espèces, importantes par la nuisance qu'elles représentent, pondent sur les plages sablonneuses du littoral. D'autres choisissent plutôt les amas de feuilles mortes, l'humus, le fumier, des plantes à demi décomposées, des creux d'arbres, les troncs de bananiers sectionnés, ou encore des végétaux ou des objets proches de l'eau ou partiellement immergés. Les larves se nourrissent de matières organiques en décomposition. Le développement de l'insecte depuis l'œuf jusqu'à l'imago prend de 2 à 4 semaines sous les climats chaud mais peut durer plusieurs mois dans les régions tempérées.

Comportement

Les cératopogonidés prennent leurs repas de sang sur des mammifères, des oiseaux, des reptiles ainsi que sur l'Homme. Ils piquent pendant la journée et la nuit, mais, chez la plupart des espèces, l'agressivité est maximale en début de soirée. Toutes les parties du corps sont attaquées si elles sont exposées. La piqûre d'un seul insecte peut être douloureuse, mais si les cératopogonides sont considérés comme une sérieuse nuisance, c'est aussi parce qu'ils ont l'habitude d'attaquer en essaims composés de centaines ou de milliers d'individus. La plupart des espèces n'attaquent qu'à l'extérieur, mais on peut tout de même être piqué à l'intérieur.

Quelques-unes des espèces les plus importantes prolifèrent dans les marécages et étangs côtiers. Dans ces régions, elles peuvent faire obstacle au développement du tourisme.

Dans les zones de marécages, les cératopogonides pénètrent fréquemment sous la tente des campeurs. Les personnes qui séjournent sous une véranda ou qui vivent dans des maisons dont les murs ne sont pas clos, sont également exposées à de fréquentes piqûres.

Taons (tabanidés)

Les tabanidés (Fig. 1.14) sont des mouches de taille moyenne ou de grande taille à caractère cosmopolite. Leur piqûre peut être très douloureuse, rendant quelquefois pénibles les activités extérieures en zone de forêt ou de marécages.

Leur importance en tant que vecteurs de certaines maladies (par ex. tularémie et certaines arboviroses) est secondaire. En Afrique occidentale et centrale, certaines espèces du genre *Chrysops* tramsmettent une filariose humaine due à la filaire *Loa loa.* Les groupes les plus importants sont les taons (genre *Tabanus*), les chrysops (genre *Chrysops*) et les hématopotes (genre *Haematopora*). Les tabanidés ont 5 à 25 mm de long. Ce sont des insectes robustes, au vol puissant. Ils sont dotés d'une grosse tête avec des yeux volumineux aux reflets irisés. Les pièces buccales, puissantes, sont dirigées vers le bas. Les ailes sont complètement transparentes, brunâtres ou tachetées. Au repos, elles sont repliées à plat le long du corps.

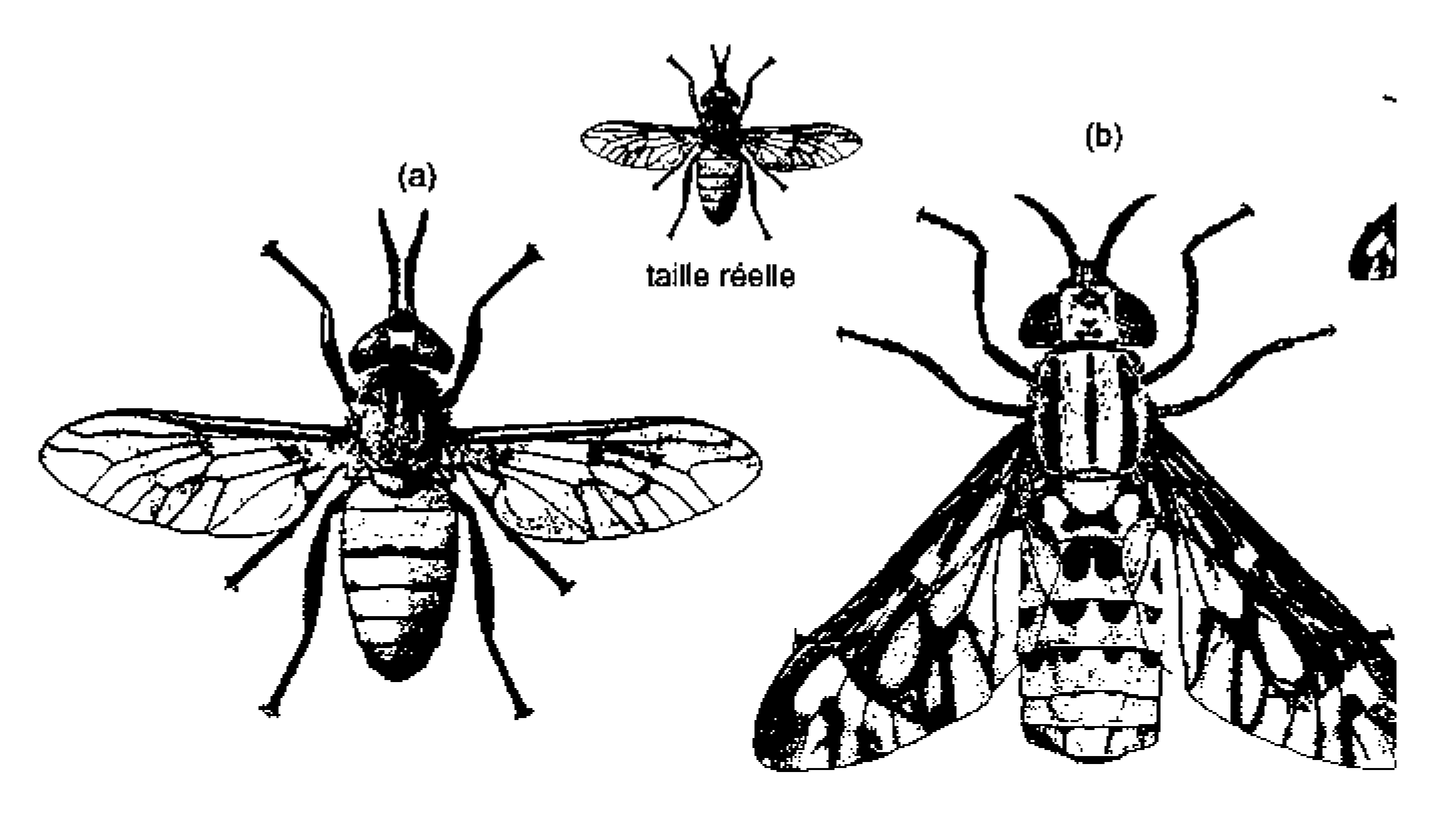


Fig. 1.14 *Chrysops* spp.: a) *C. fixissimus* (Dessin aimablement communiqué par le Natural History Museum de Londres); b) *C. discalis* Williston (*1*).

Cycle de développement

Les femelles de tabanidés se nourrissent sur de gros animaux sauvages ou domestiques, comme les chevaux, les bovins et les cervidés, ainsi que sur de petits mammifères, des reptiles et des oiseaux. Elles peuvent également se nourrir sur l'Homme. Les œufs sont pondus à la face inférieure de divers supports tels que feuilles, tiges de végétaux et brindilles surplombant la surface de l'eau. Après l'éclosion, les larves tombent dans la boue ou l'eau qui constituent le substrat. Les larves de la plupart des espèces vivent dans la boue, les végétaux en décomposition, l'humus, les sols détrempés ainsi que dans les eaux boueuses et peu profondes du bord des étangs, des marais ou des cours d'eau. Elles se nourrissent généralement de substances en décomposition d'origine animale ou végétale. Selon les espèces, les larves ont entre 1 et 6 mm de long. Le développement de l'insecte depuis l'œuf jusqu'à l'imago peut durer de 1 à 3 ans.

Comportement

La plupart des espèces se nourrissent pendant la journée, notamment pendant les heures d'ensoleillement. Elles chassent à vue et peuvent voler sur de longues distances. On les rencontre de préférence en forêt ou dans les zones boisées et marécageuses. En général, les tabanidés ne viennent pas piquer à l'intérieur des habitations. Leur piqûre est profonde et douloureuse et les plaies continuent souvent à saigner une fois que la mouche s'est éloignée. Ils ont besoin d'une grande quantité de sang; ce sont des piqueurs inquiets, qu'un rien dérange et c'est pourquoi ils prennent un peu de sang à plusieurs reprises sur le même hôte ou des hôtes différents.

Stomoxes

Les stomoxes (*Stomoxys*) ou mouches charbonneuses, sont des insectes cosmopolites qui ressemblent à la mouche domestique et que l'on appelle aussi mouches piqueuses. On peut les distinguer des autres mouches non piqueuses d'aspect semblable par le fait que leurs pièces buccales pointent vers l'avant (Fig. 1.15). Leur piqûre est douloureuse et elles représentent une sérieuse nuisance pour l'Homme et les animaux. Ce ne sont pas d'importants vecteurs de maladies. Toutefois, en Amérique du Sud, elles peuvent jouer un rôle dans la transmission de la myase en transportant les œufs d'un vecteur de la myase, *Dermatobia hominis.* En Afrique, on peut les confondre avec les glossines, dont les pièces buccales pointent également vers l'avant. Elles sont cependant plus petites que les tsé-tsé et leurs ailes ne se recouvrent pas au repos.

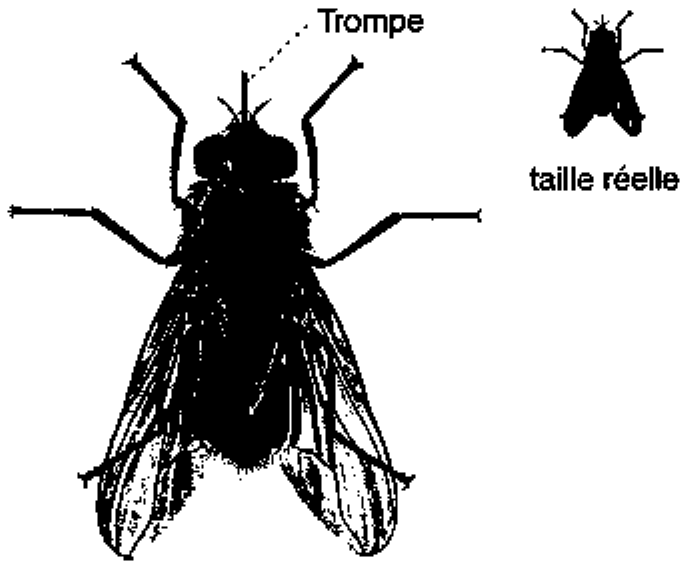


Fig. 1.15 Stomoxe (Dessin aimablement communiqué par le Natural History Museum de Londres)

Cycle de développement

Mâles et femelles se nourrissent sur l'Homme et les animaux, notamment les équidés, les bovidés et les canidés. Les femelles pondent leurs œufs sur des matières organiques humides en décomposition, comme le crottin de cheval, le compost ou les débris de végétaux pourris. Les larves, de couleur blanc-crème, ressemblent à celles de la mouche domestique. Les pupes se développent dans les zones sèches du sol. Le développement de l'insecte depuis l'œuf jusqu'à l'imago dure de 12 jours à 2 mois, en fonction de la température.

Comportement

Les stomoxes piquent dans la journée et surtout à l'extérieur, mais il n'est pas exclu qu'ils attaquent également à l'intérieur. Ils abondent à proximité des bâtiments de ferme et des écuries. En l'absence d'animaux, ils peuvent devenir plus agressifs pour l'Homme. Ils piquent la plupart du temps au niveau des membres inférieurs.

Importance pour la santé publique

Nuisance

Certaines espèces de diptères piqueurs attaquent en essaims et peuvent constituer une nuisance considérable. Dans certaines zones, en particulier dans le nord des régions tempérées, il peut être impossible de travailler à l'extérieur à cause de la présence d'essaims de moustiques agressifs. Certaines espèces, notamment les grands diptères piqueurs, comme les tabanidés et les stomoxes, de même que les simulies et certaines espèces d'*Aedes,* peuvent infliger de douloureuses piqûres, parfois suivies d'une tuméfaction et d'une inflammation. L'irritation peut durer plusieurs semaines.

Une forte densité de diptères piqueurs peut inciter les gens à utiliser des moyens de protection individuels ou autres. Lorsque ces diptères sont également des vecteurs de maladies, une meilleure protection individuelle contre les piqûres peut du même coup réduire le risque de contracter une maladie. Il est vrai toutefois que la transmission de certaines maladies n'implique pas nécessairement une forte densité de piqûres et les gens peuvent ne même pas se rendre compte qu'ils ont été piqués. C'est particulièrement vrai dans le cas du paludisme dans certaines forêts ombrophiles. En l'absence de nuisance, il peut être difficile d'inciter les gens à se protéger contre le risque d'infection.

Paludisme

Le paludisme est causé par un parasite unicellulaire, la plasmodie, un protozoaire appartenant au genre *Plasmodium.* Ces parasites sont transmis d'un individu à l'autre par des moustiques du genre anophèle. Il existe quatre espèces de plasmodies capables d'infecter l'Homme:

- *Plasmodium falciparum,* dont l'aire d'extension recouvre l'Afrique tropicale et une partie de l'Asie, du Pacifique occidental, de l'Amérique centrale et de l'Amérique du sud, ainsi qu'Haïti et la République dominicaine;

- *Plasmodium vivax,* qui est pratiquement inexistant en Afrique mais qui prédomine en Asie, en Amérique centrale et en Amérique du sud;

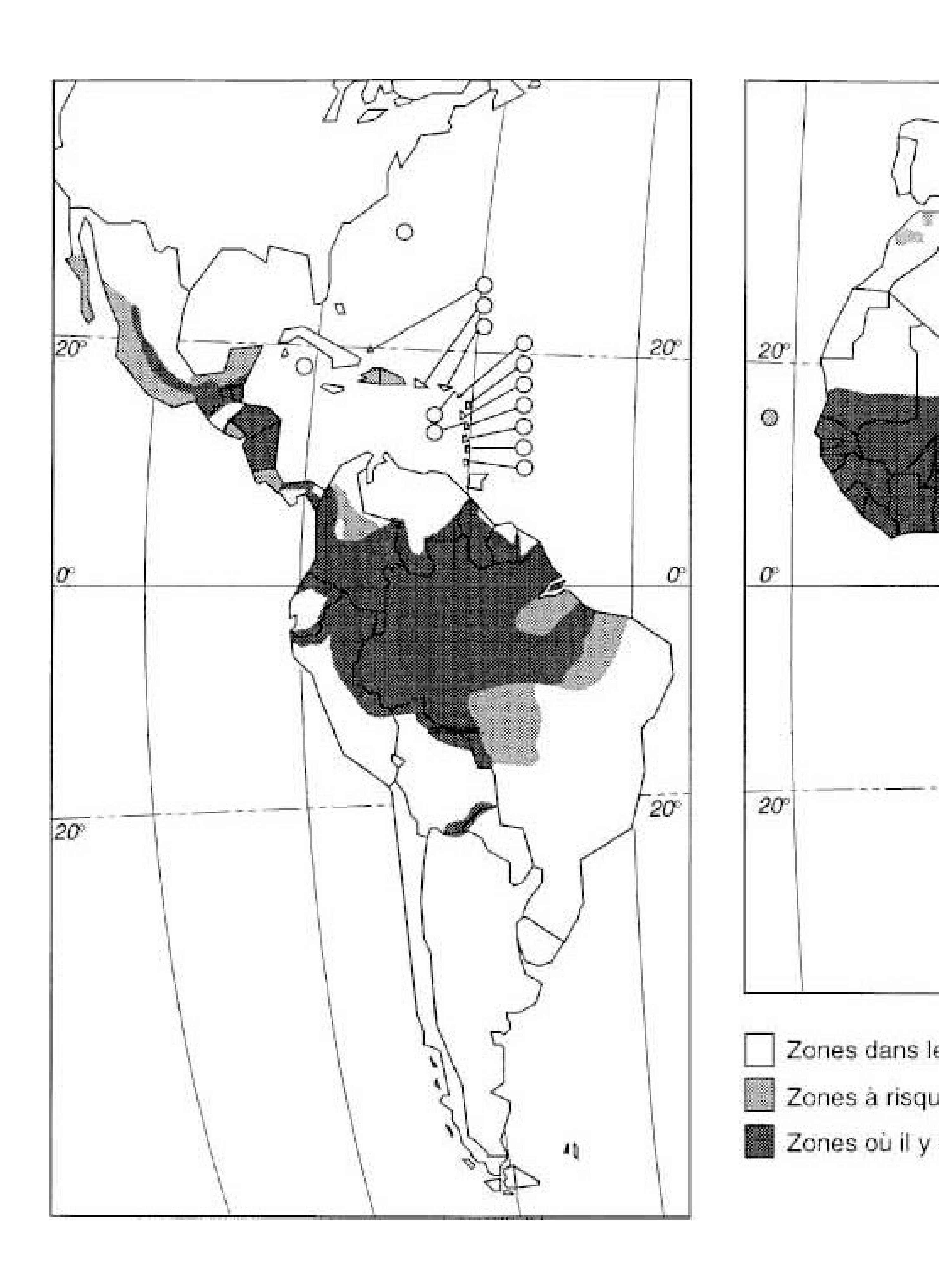
- *Plasmodium malariae,* un parasite cosmopolite dont les foyers sont très disséminés;

- *Plasmodium ovale,* qui se rencontre principalement dans les zones tropicales de l'Afrique occidentale et, à de rares occasions, dans le Pacifique occidental.

Le paludisme sévit dans l'ensemble de la zone tropicale et touche également certaines régions des zones subtropicales et tempérées (Fig. 1.16). Environ 2,2 milliards de personnes vivant dans 90 pays sont exposées au risque d'infection palustre et on estime que chaque année, 300 à 500 millions d'entre elles contractent le paludisme, avec une issue fatale chez 1,5 à 2,7 millions de malades. Le paludisme est l'une des principales causes de morbidité et de mortalité en Afrique, notamment chez les enfants et les femmes enceintes. Les voyageurs, les touristes et les immigrants peuvent également être très exposés au risque.

Le paludisme est difficile à traiter du fait que les souches de *P. falciparum* résistantes aux antipaludéens classiques se sont répandues et que les produits de substitution sont à la fois coûteux et toxiques. En outre, on a de plus en plus de peine à

démoustiquer les habitations par des pulvérisations intradomiciliaires car de nombreuses espèces d'anophèles sont devenues résistantes aux insecticides. Enfin, nombre de programmes de lutte antipaludiques connaissent des problèmes d'ordre financier et opérationnel.



20°
20°
0°
0°
20°
20°
20°
0°
20°
Zones dans le
Zones à risqu
Zones où il y a

Fig. 1.16. Répartition approximative des régions impaludées 1996 (© OMS).

WHO 97043/F

Transmission

Les plasmodies pénètrent dans l'organisme lors de la piqûre par un anophèle infecté. Les parasites envahissent le foie en empruntant le courant sanguin et s'y multiplient. Pendant cette période, la personne contaminée ne se sent pas malade. Au bout de 9 jours ou un peu plus, selon l'espèce de plasmodie en cause, les parasites, qui se trouvent alors sous une forme appelée mérozoïte, pénètrent dans le courant sanguin, envahissent les globules rouges et s'y multiplient à nouveau. Quelques jours après l'apparition des premiers symptômes, certains mérozoïtes se transforment en gamétocytes, qui constituent le stade sexué du cycle de développement.

Lorsqu'un anophèle pique une personne dont le sang contient des gamétocytes, il s'infecte à son tour et les parasites passent à une autre phase de leur développement dans l'organisme de l'insecte. A la fin de ce processus, une nouvelle génération de parasites, les sporozoïtes, migre vers les glandes salivaires du moustique où elle demeure jusqu'à ce que l'insecte pique de nouveau quelqu'un et inocule avec sa salive les sporozoïtes à un nouvel hôte humain. Les sporozoïtes envahissent le foie et le cycle reprend (Fig. 1.17). Dans l'organisme du moustique, le cycle dure de 9 à 12 jours.

Le paludisme peut également se transmettre accidentellement lors de la transfusion de sang parasité ou encore par l'utilisation d'aiguilles ou de seringues contaminées. Pendant la grossesse, il peut y avoir contamination du fœtus par le sang de sa mère (contamination transplacentaire).

Symptômes cliniques

Le paludisme débute comme une grippe, avec des accès de fièvre huit jours ou un peu plus après la piqûre par un moustique infecté. Fièvre, frissons, sueurs profuses et céphalées peuvent alors se manifester de manière cyclique. La fréquence et l'intensité des accès de fièvre dépendent de l'espèce de plasmodie en cause, mais la durée en est généralement de 2 à 3 jours. Les accès de fièvre coïncident avec les vagues de multiplication des parasites et la destruction des globules rouges. Les infections chroniques entraînent souvent une hypertrophie du foie et de la rate.

Le paludisme à *falciparum* ne donne pas toujours lieu à ce genre de manifestations cycliques. Il s'agit de la forme la plus grave de la maladie qui, si elle n'est pas traitée, peut conduire à un état de choc, avec insuffisance rénale et cardiaque aboutissant au coma ou à la mort. La mort est souvent due à l'obstruction des petits vaisseaux sanguins d'un organe vital par les hématies parasitées qui s'y accumulent. Lorsqu'il s'agit des capillaires cérébraux, on a affaire à une forme de paludisme appelée accès pernicieux ou neuropaludisme. Le traitement doit intervenir sans délai pour éviter les lésions cérébrales ou autres. En général, les infections à *P. vivax, P. malariae* ou *P. ovale* ne sont pas mortelles, mais elles peuvent l'être chez les très jeunes enfants ou les personnes âgées et malades.

Dans les infections à *P. vivax* et *P. ovale,* l'intervalle entre les accès fébriles a une durée caractéristique de deux jours; elle est de trois jours dans le cas de *P. malariae.*

Dans le paludisme à *falciparum,* cet intervalle est irrégulier. Il dure en général de 36 à 40 heures, mais il n'est pas rare qu'il soit plus court. Un accès fébrile non traité peut durer d'une semaine à un mois ou davantage.

Lorsque la maladie reprend au bout de quelques semaines ou davantage, on parle de rechute. Ces rechutes ne se produisent pas dans le cas des infections à *falciparum,* mais elles sont courantes pour les infections à *P. vivax* et à *P. ovale.* Dans le cas de *P. vivax,* les rechutes peuvent se produire à intervalles irréguliers pendant des périodes allant jusqu'à deux ans ou même cinq ans pour *P. ovale.* Une infection à *P. malariae* peut durer jusqu'à 50 ans avec des épisodes fébriles survenant de temps à autre.

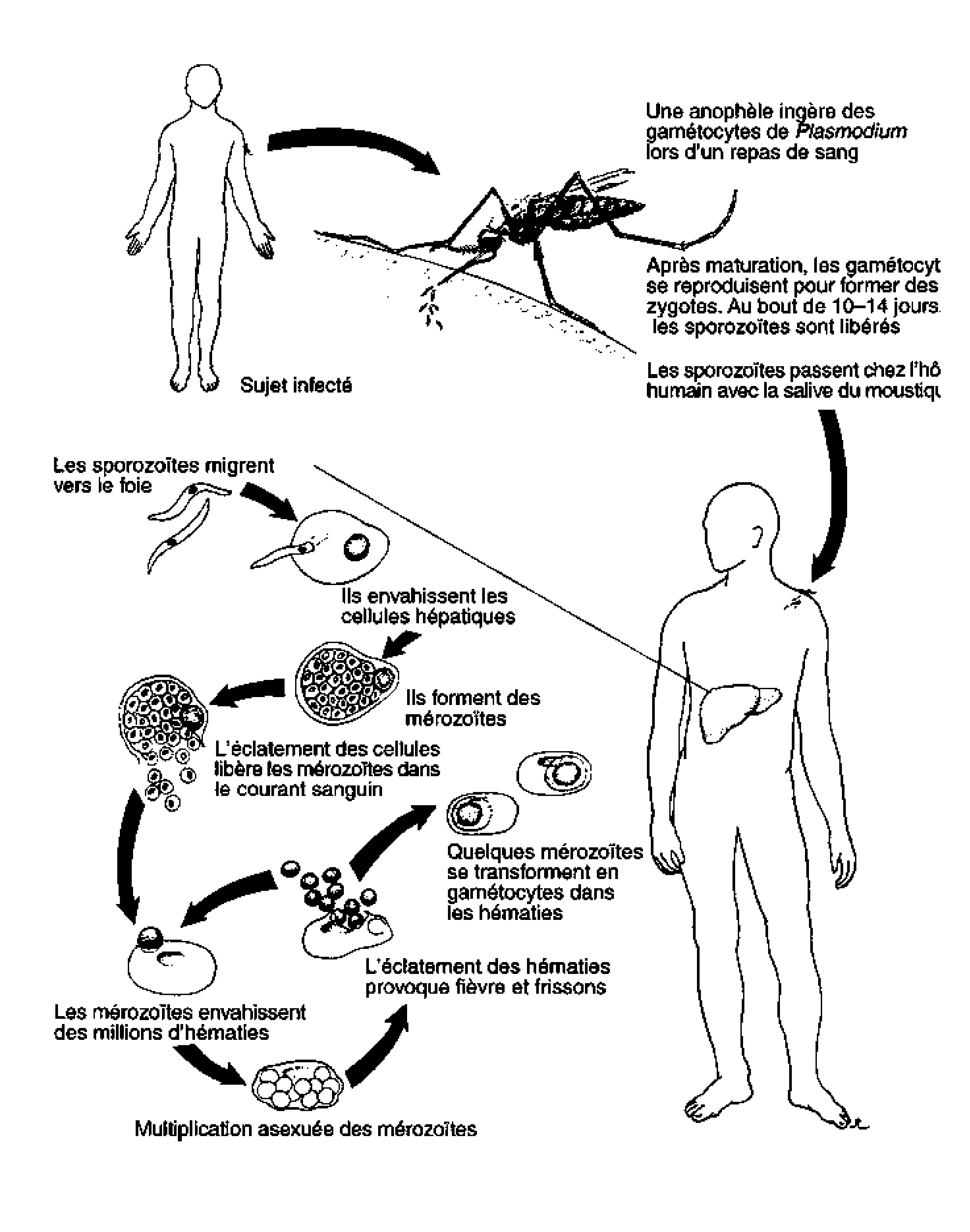

Une anophèle ingère des gamétocytes de *Plasmodium* lors d'un repas de sang
Après maturation, les gamétocyt se reproduisent pour former des zygotes. Au bout de 10–14 jours les sporozoïtes sont libérés
Les sporozoïtes passent chez l'hô humain avec la salive du moustiqu
Sujet infecté
Les sporozoïtes migrent vers le foie
Ils envahissent les cellules hépatiques
Ils forment des mérozoïtes
L'éclatement des cellules libère les mérozoïtes dans le courant sanguin
Quelques mérozoïtes se transforment en gamétocytes dans les hématies
L'éclatement des hématies provoque fièvre et frissons
Les mérozoïtes envahissent des millions d'hématies
Multiplication asexuée des mérozoïtes

Fig. 1.17 Cycle de développement du parasite du paludisme (Par Taina Litwak pour la United States Agency for international Development's VBC project).

Immunité

Là où le paludisme existe depuis longtemps à l'état endémique, comme c'est le cas dans de nombreuses régions d'Afrique, les habitants sont si fréquemment infectés qu'ils finissent par acquérir une certaine immunité. Très souvent, ils peuvent être porteurs de plasmodies sans présenter le moindre symptôme. Les épidémies de paludisme qui provoquent des maladies graves sont souvent associées à l'arrivée de groupes de personnes non immunes dans des régions de forte endémicité (par exemple des personnes en quête d'un emploi, des réfugiés ou des militaires).

Prévention et traitement

On peut prévenir le paludisme en prenant suffisamment de précautions pour ne pas se faire piquer par des anophèles. Parmi les mesures qui permettent de se prémunir contre les piqûres, on peut citer le port de vêtements protecteurs, l'utilisation de répulsifs dont on enduit les parties exposées de l'épiderme, les serpentins anti-moustiques et autres vaporisateurs d'insecticides, l'utilisation de moustiquaires pendant les heures de sommeil et

l'amélioration des locaux.

Comme il n'est pas toujours possible d'être certain de l'efficacité de ces mesures, les personnes qui se rendent dans une zone impaludée doivent prendre des antipaludéens à titre prophylactique afin de ne pas contracter la maladie dans l'éventualité d'une piqûre infectieuse. On pourra s'informer auprès des autorités sanitaires, qui ont connaissance de la situation locale et des médicaments les plus appropriés pour une prophylaxie antipalustre.

Les personnes qui présentent des signes de paludisme doivent être traitées sans délai. Dans la mesure du possible, il faut tout d'abord examiner un échantillon de sang au microscope (Fig. 1.18). Il importe que les malades non immuns et les enfants en bas âge soient traités sans délai car la vie du malade peut être en jeu en l'espace de quelques heures.

Les médicaments utilisés pour le traitement des infections doivent être efficaces contre les souches locales de plasmodies.

Lutte contre le paludisme

Dans les zones où la transmission du paludisme est intense, les activités de lutte visent à mettre un frein à la mortalité évitable et à soulager les souffrances des malades. Cette stratégie repose essentiellement sur des services médicaux de base capables de faire un diagnostic rapide et d'instituer un traitement approprié. Il faut disposer d'un système efficace d'orientation-recours qui permette de transférer les cas graves ou ceux dont la maladie ne cède pas aux thérapeutiques classiques. Dans certains secteurs, un programme antipaludique bien conçu peut comporter des mesures de lutte antivectorielle.

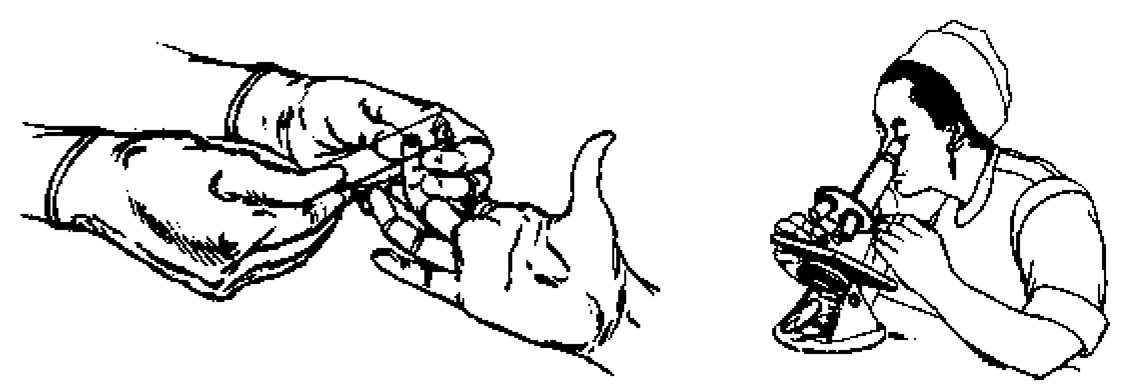


Fig. 1.18 Le paludisme peut être confirmé par le prélèvement d'un échantillon de sang et son examen au microscope.

Lorsque l'infrastructure sanitaire a atteint un niveau de développement suffisant, les services de santé doivent s'attacher à prévenir la morbidité et la mortalité au sein des groupes vulnérables insuffisamment immuns tels que les nourrissons, les femmes enceintes et les travailleurs. On peut d'ailleurs améliorer la protection de ces groupes par la mise en place de mesures de lutte contre les moustiques. Une chimioprophylaxie est recommandée aux voyageurs, enfants de moins de cinq ans et femmes enceintes dans les zones de forte endémicité.

Dans les régions où la transmission est modérée, dans celles où les services de santé disposent d'un personnel bien formé et expérimenté, de même que dans les zones prioritaires comme celles où sont mis en œuvre des projets de développement, on peut tenter de réduire la prévalence du paludisme par des mesures de démoustication à l'échelle de la communauté.

Dans les zones où il existe un risque d'épidémie, des mesures de lutte antivectorielle à effet rapide, prises en temps voulu, par exemple l'épandage d'insecticides, jouent un rôle important dans la maîtrise ou la prévention des flambées.

Indépendamment de l'intervention des services de santé dans la planification et la gestion des diverses activités, la participation de la collectivité à l'effort de lutte a également son importance. Il faut dégager des ressources suffisantes pour que les améliorations obtenues soient durables. Dans les pays développés où le personnel a un haut niveau de professionnalisme et qui disposent de moyens suffisants, il est possible d'envisager l'éradication du paludisme à l'échelle du territoire national. Cette éradication a été réalisée en Europe du Sud, dans la majorité des Antilles, aux Maldives et dans de vastes régions de l'ex-URSS et des Etats-Unis.

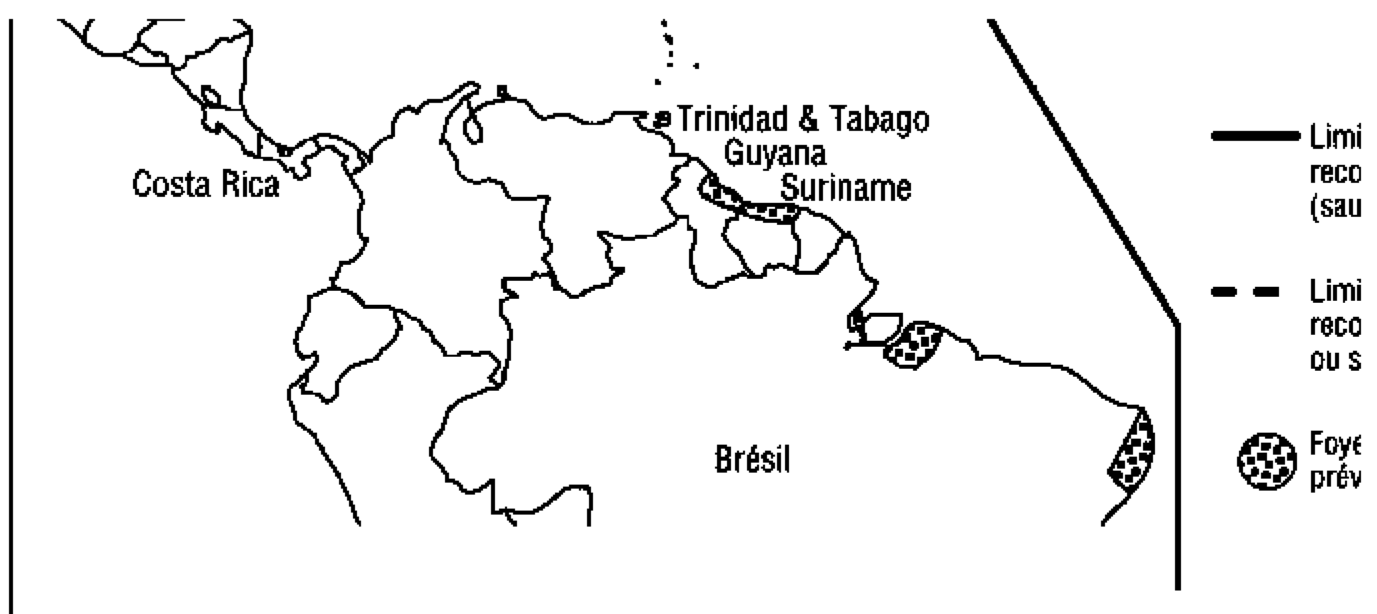
Comme la plupart des anophèles pénètrent dans les habitations pour se nourrir et se reposer, les programmes de lutte antipaludiques consistent essentiellement à pulvériser des insecticides à effet rémanent sur les murs et les plafonds. Ce traitement des habitations joue encore un rôle important dans quelques pays tropicaux, mais dans d'autres il perd peu à peu de son intérêt en raison de problèmes (voir Chapitre 9) qui, dans certaines régions, ont conduit à l'interruption, voire à la cessation des programmes de lutte. On manifeste désormais davantage d'intérêt pour d'autres méthodes de lutte qui permettent d'éviter une partie des problèmes posés par les traitements insecticides. On a ainsi de plus en plus tendance à recourir à des méthodes moins coûteuses et plus faciles à mettre en œuvre, comme l'usage généralisé des moustiquaires imprégnées ou l'élimination durable ou permanente des gîtes larvaires.

Filariose lymphatique

La filariose lymphatique est causée par trois espèces de vers parasites qui se logent dans les vaisseaux lymphatiques et provoquent une énorme enflure des membres et d'autres parties du corps. Cette maladie entraîne de grandes souffrances et elle est tès incapacitante, mais elle est rarement mortelle.

- La filariose de Bancroft, dont l'agent causal est *Wuchereria bancrofti,* est principalement transmise par *Culex quinquefasciatus* et par certaines espèces des genres *Anopheles* et *Aedes.* En 1996, on dénombrait environ 107 millions de personnes porteuses de filaires dans diverses régions de la Chine, de l'Inde ou ailleurs en Asie du sud-est, dans les îles du Pacifique, en Afrique tropicale ainsi qu'en Amérique centrale et en Amérique du Sud (Fig. 1.19).

- La brugiose, causée par *Brugia malayi* et par *B. timori,* touchait quelque 13 millions de personnes en 1996, principalement en Asie du sud-est. Ses principaux vecteurs appartiennent à l'espèce *Mansonia. B. timori* se rencontre dans les îles de Flores, de Timor et d'Alor, à l'est de Java. Elle est transmise par *Anopheles barbirostris* (Fig. 1.19).



W. bancrofti

Zones entourées d'un cercle non détaillables – voir le texte pour plus de renseignements

* Zones où il peut y avoir transmission

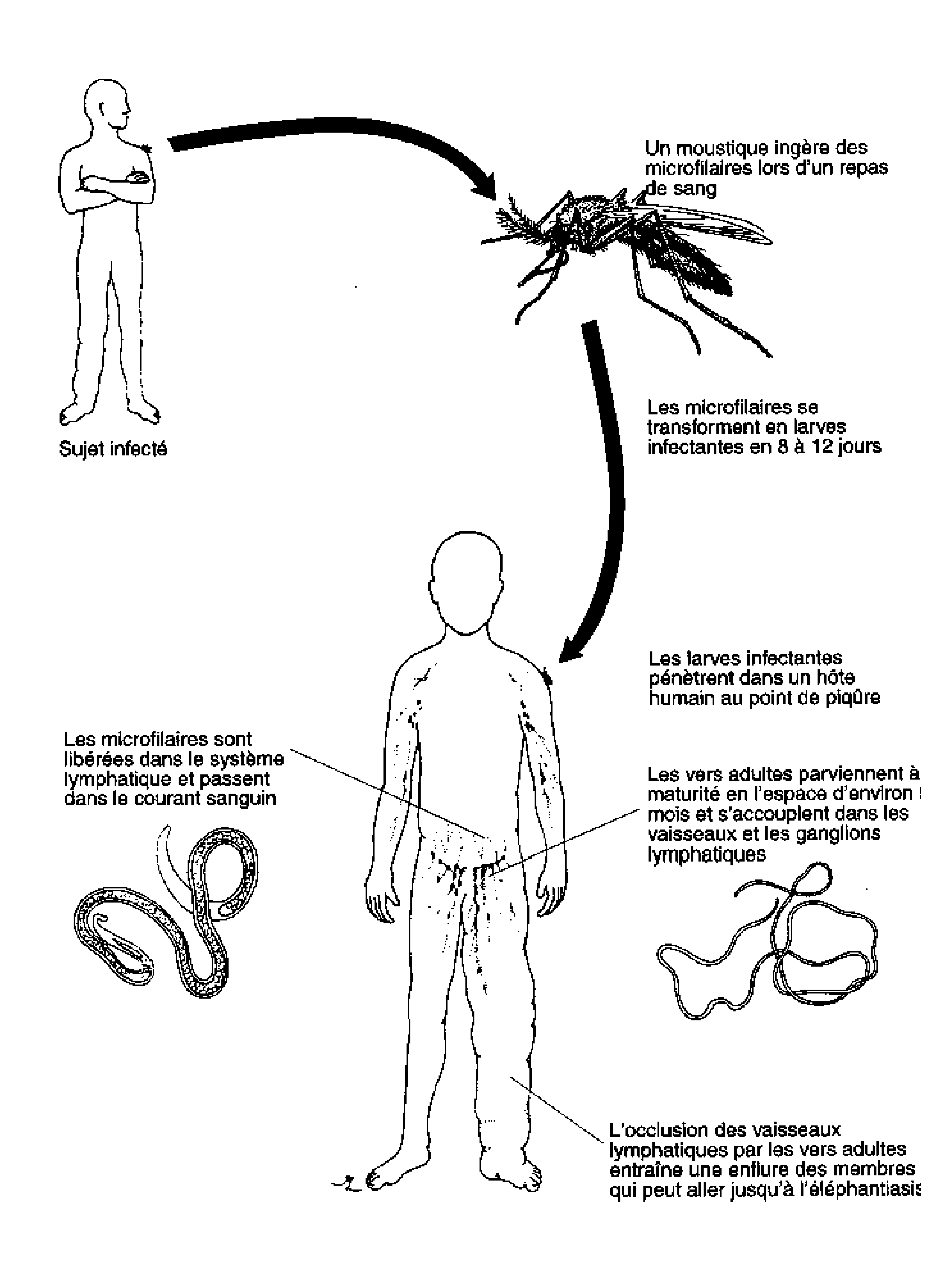
Ancienne zone (où il y aurait une forte diminution, voir éradication

Fig. 1.19 Distribution géographique de la filariose lymphatique 1992 (© OMS).

WHO 92353/F
WHO 92354/F

Transmission

Les vers adultes colonisent les vaisseaux lymphatiques et produisent des embryons appelés microfilaires. Celles-ci circulent dans le courant sanguin et passent dans l'organisme du moustique à la faveur d'une piqûre. Les microfilaires poursuivent pendant quelques jours leur développement chez le moustique, qui transmet les larves infectieuses lors d'un repas de sang à un nouvel hôte humain. Les larves migrent ensuite vers les ganglions lymphatiques pour atteindre leur stade adulte final dans les vaisseaux (Fig. 1.20). Il y a très peu de chances pour qu'une seule piqûre par un moustique infecté soit réellement infectieuse. Les vers adultes peuvent vivre très longtemps et libérer dans le sang un grand nombre de microfilaires.



Un moustique ingère des microfilaires lors d'un repas de sang
Sujet infecté
Les microfilaires se transforment en larves infectantes en 8 à 12 jours
Les larves infectantes pénètrent dans un hôte humain au point de piqûre
Les microfilaires sont libérées dans le système lymphatique et passent dans le courant sanguin
Les vers adultes parviennent à maturité en l'espace d'environ
mois et s'accouplent dans les vaisseaux et les ganglions lymphatiques
L'occlusion des vaisseaux lymphatiques par les vers adultes entraîne une enflure des membres qui peut aller jusqu'à l'éléphantiasis

Fig. 1.20 Cycle de développement des filaires (Taina Litwak, pour la United States Agency for international Development's VBC Project).

Il existe deux formes de filariose de Bancroft. Dans la forme la plus commune, les microfilaires circulent dans le sang pendant la nuit, alors que dans la deuxième forme, elles y sont présentes en permanence, mais en nombre plus important au cours de la journée. Les vecteurs de la première forme sont *Culex quinquefasciatus* et certaines espèces d'anophèles (qui piquent la nuit). La deuxième forme sévit dans le Pacifique sud et dans certaines zones rurales de l'Asie du sud-est, où les principaux vecteurs sont des moustiques piquant de jour, comme certaines espèces d'*Aedes.*

Dans les zones rurales, la filariose de Bancroft est principalement transmise par certaines espèces d'anophèles qui sont également des vecteurs du paludisme, ainsi que par *Aedes.* La forme urbaine de cette affection se caractérise par le fait qu'elle sévit surtout dans les bidonvilles des pays en développement. Elle est transmise par *Culex quinquefasciatus,* qui prolifère dans les eaux polluées des canaux de drainage, dans les puits perdus et les fossés.

La brugiose, due à *B. malayi,* se présente également sous deux formes, dont la plus commune est transmise pendant la nuit et l'autre au cours de la journée et de la nuit. La première se rencontre chez les populations rurales des zones rizicoles d'Asie. Elle est transmise par des anophèles qui piquent la nuit, ainsi que par des espèces du genre *Mansonia* qui pondent dans les marécages et les mares envahies par la végétation aquatique. La deuxième forme affecte principalement les singes qui peuplent les marécages. Les espèces de *Mansonia* qui se reproduisent dans les forêts marécageuses d'Indonésie et de Malaisie peuvent contaminer les populations du voisinage.

La brugiose est causée par *Brugia timori* et n'est transmise que par *Anopheles barbirostris.*

Symptômes cliniques

Les symptômes dépendent essentiellement de la durée de l'infection. Les vers adultes, qui vivent dans les vaisseaux lymphatiques, peuvent provoquer une grave inflammation du système lymphatique et des accès de fièvre à répétition. Les infections bactériennes secondaires jouent un rôle important dans l'évolution vers le lymphœdème et l'éléphantiasis, c'est-à-dire l'enflure caractéristique des membres, des parties génitales et des seins (Fig. 1.21).

Prévention et traitement

La filariose se transmet beaucoup moins facilement que le paludisme et la prophylaxie n'en n'est donc pas recommandée aux voyageurs. On peut réduire le risque de contamination en se protégeant des piqûres de moustiques ou en prenant des mesures pour en réduire le nombre.

On peut souvent confirmer la maladie en cas de suspicion par la recherche des microfilaires dans le sang-à-l'aide d'un microscope. Il existe une nouvelle méthode de type immunologique qui permet de déceler la présence de l'antigène filarien dans le courant sanguin. Cette épreuve est aussi sensible et spécifique que l'examen au

microscope et elle présente l'avantage de permettre le recueil des échantillons pendant la journée, même lorsque les microfilaires ont une périodicité nocturne. Les sujets infectés peuvent être traités par la diéthylcarbamazine (DEC). On utilise ce produit dans certaines régions pour le traitement de masse des sujets infectés, afin de réduire la morbidité et la transmission. La DEC est plus toxique pour les microfilaires que pour les vers adultes, qui ne peuvent être éliminés qu'au prix d'un traitement au long cours. La mort des microfilaires sous l'action de la DEC peut provoquer des nausées et d'autres effets secondaires désagréables qui, bien que sans danger, risquent de dissuader le malade de mener le traitement à son terme.



Fig. 1.21 Eléphantiasis (enflure permanente) d'un membre inférieur dû à la filariose lymphatique.

Lutte

La filariose devrait être plus facile à maîtriser que le paludisme du fait que la transmission du moustique à l'homme n'est guère efficace et que la longue période qui s'écoule avant que les symptômes ne deviennent graves, permet une chimiothérapie active. Pourtant, la lutte contre la maladie reste difficile dans la pratique car il faut du temps pour éliminer les vers de leur hôte humain et du fait que, collectivement parlant, l'observance est insuffisante.

La nouvelle méthodologie de lutte contre la filariose consiste à administrer chaque année aux populations des zones d'endémie une dose unique de DEC et d'ivermectine, données soit seules, soit (de préférence) en association (*3*). L'association de ces deux produits permet également de réduire ou d'éliminer d'autres helminthiases ainsi que la gale. Toutefois dans les régions où l'onchocercose et la loase sont endémiques, on donne la préférence à l'ivermectine seule. Le traitement doit en principe être poursuivi pendant au moins cinq ans.

Lorsque c'est possible, le traitement médicamenteux s'accompagne de mesures de lutte antivectorielle. La lutte contre *Culex* consiste en principe à empêcher la reproduction du moustique. On peut éliminer ou du moins circonscrire les gîtes larvaires en eau polluée par l'amélioration de l'assainissement et de l'hygiène en général. Lorsque cette amélioration est impossible ou économiquement irréalisable, on peut épandre des larvicides ou des billes de polystyrène sur les gîtes larvaires. En raison de la pollution de ces sites, les larvicides ne sont pas tous efficaces et il faut employer des doses relativement élevées.

Les pulvérisations intradomiciliaires d'insecticides à effet rémanent ne sont généralement pas très efficaces contre *Culex quinquefasciatus,* au moins en partie du fait que cette espèce a l'habitude de se reposer sur les surfaces que l'on ne traite généralement pas, comme les vêtements, les rideaux et autres pièces de tissu suspendues, plutôt que sur les murs et les plafonds. En outre, il se pose dans les villes un problème pratique: celui du nombre de pièces à traiter.

La méthode la plus communément utilisée pour lutter contre les vecteurs du genre *Mansonia,* qui transmettent la brugiose, consiste à arracher ou à détruire la végétation sur laquelle les larves et les nymphes sont fixées. Parfois, comme c'est le cas par exemple dans les forêts marécageuses de certaines régions d'Indonésie ou de Malaisie, la lutte antilarvaire est impraticable en raison de l'étendue des lieux de ponte. Dans ce genre de situation, il faut insister sur la prévention des piqûres par des mesures de protection individuelles.

Maladies virales transmises par des moustiques

Les virus qui sont transmis par des moustiques ou d'autres arthropodes sont appelés arbovirus (d'après l'anglais *arthropod-borne viruses*). On connaît environ 400 arbovirus différents; ils sont en général hébergés par des animaux et occasionnellement transmis à l'Homme par des moustiques. Les arboviroses les plus importantes transmises par des moustiques sont la fièvre jaune, la dengue et plusieurs formes d'encéphalite. Les vecteurs en sont *Aedes, Culex* ou quelquefois, des anophèles.

Fièvre jaune

La fièvre jaune est une affection aiguë de courte durée dont l'issue est souvent fatale. Elle débute par une forte fièvre, des maux de tête et des douleurs généralisées, des vomissements et, quelquefois, un ictère (ou jaunisse) qui donne au malade un teint jaune. Ces symptômes sont suivis d'hémorragies internes et de vomissements. La mort peut survenir dans les trois jours qui suivent le début de la maladie.

Transmission et distribution

Le virus de la fièvre jaune est principalement présent dans des populations de singes vivant dans les forêts denses et des forêts-galeries de l'Afrique, de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud (Fig. 1.22). Elle est transmise d'un singe à l'autre par des moustiques sylvestres (des espèces du genre *Aedes* en Afrique et des genres *Haemagogus* et *Sabethes* en Amérique du Sud et en Amérique centrale; (Figs. 1.23 et 1.24). Ces moustiques peuvent piquer l'homme lorsque celui-ci pénètre dans la forêt et le virus peut ainsi passer du réservoir simien à la population humaine. Il y a lieu de penser que, dans certaines zones d'endémicité, le virus se maintient dans les

populations de moustiques par transmission trans-ovarienne en l'absence d'un réservoir animal vertébré.

Fig. 1.22. Régions d'Afrique (a), d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud (b) où la fièvre jaune est endémique 1995 (© OMS).

WHO 96166/F
WHO 96167/F

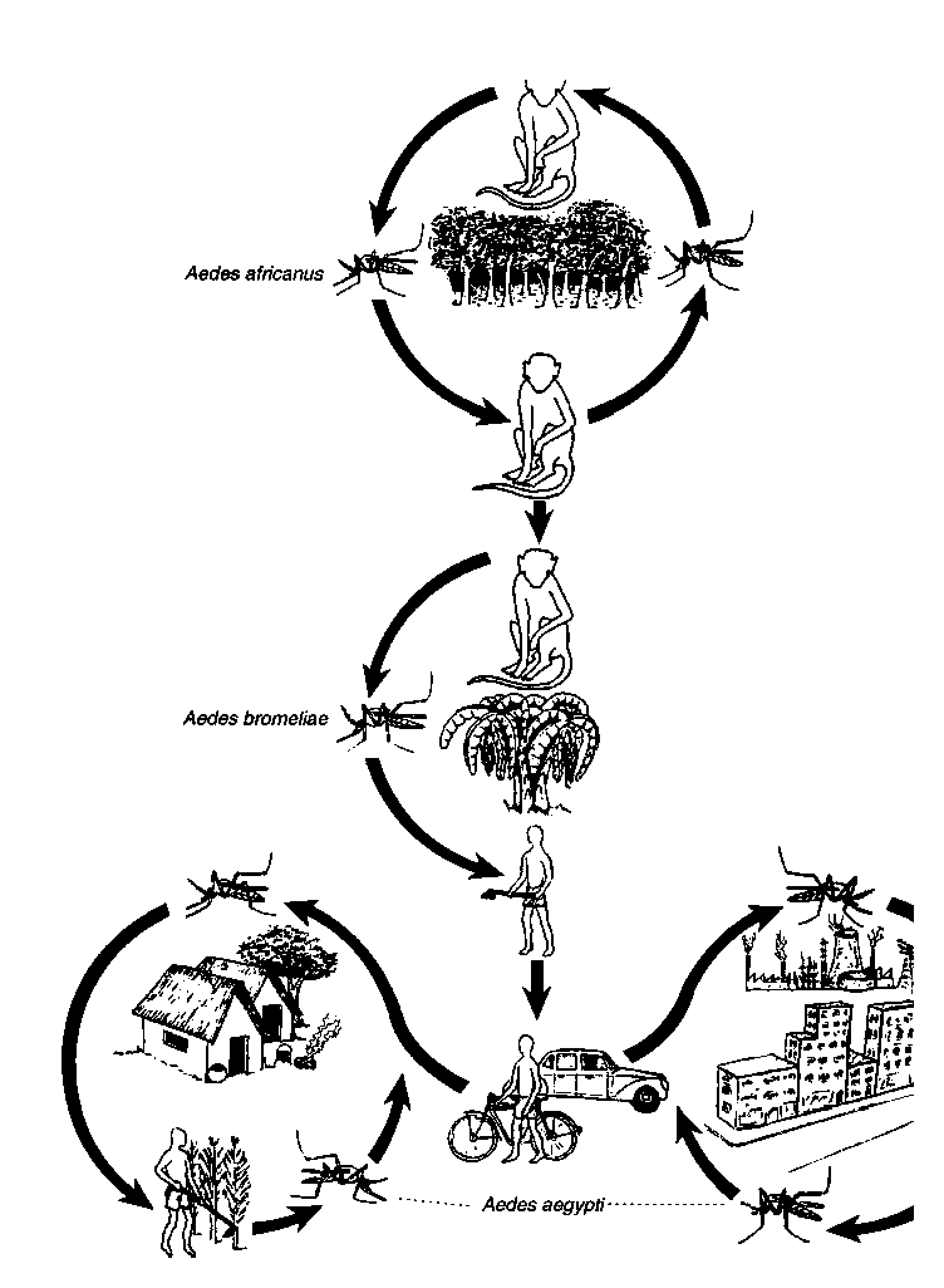
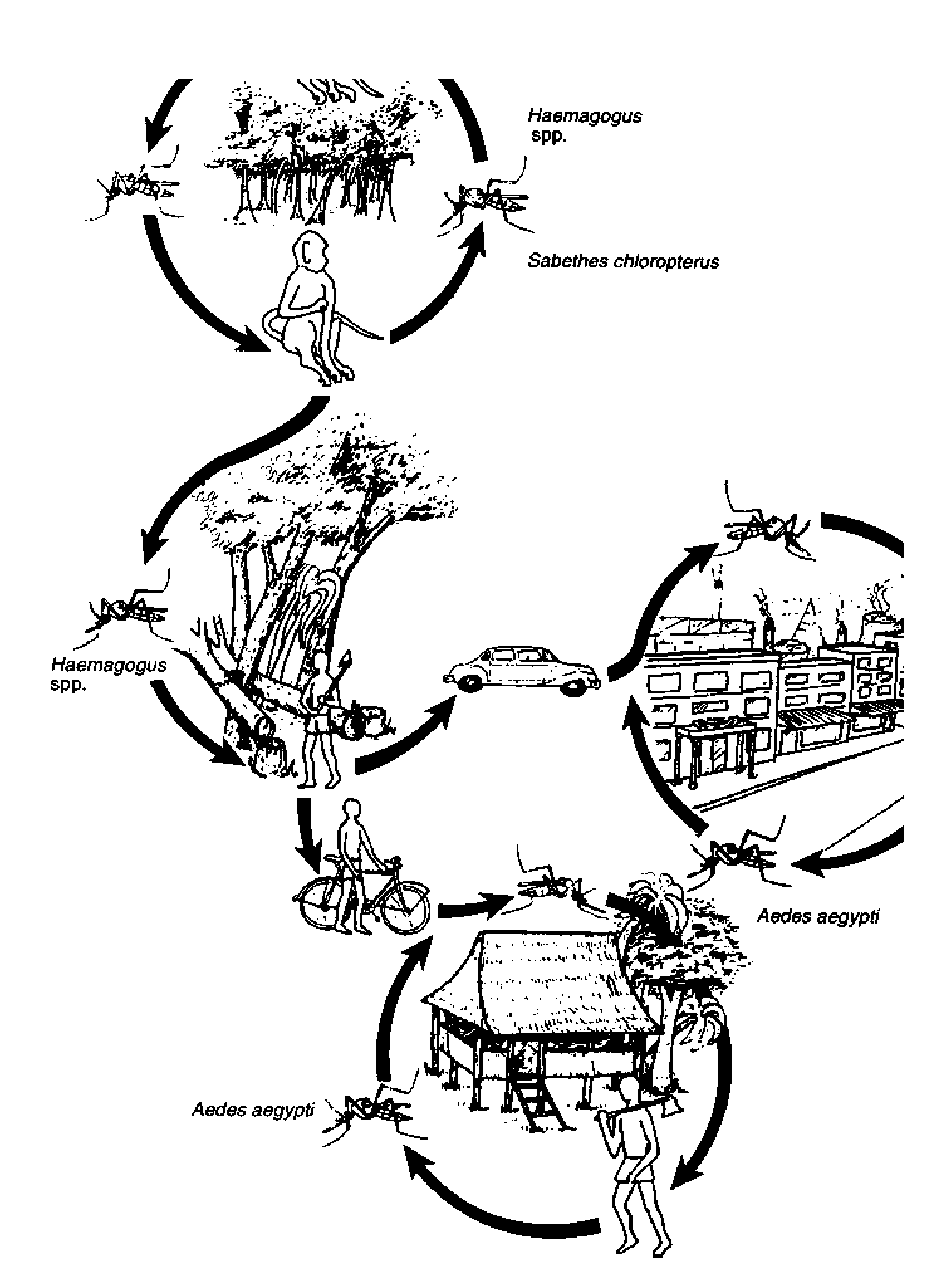

Aedes africanus
Aedes bromeliae
Aedes aegypti

Fig. 1.23 Cycle de transmission sylvatique, rural et urbain de la fièvre jaune en Afrique (*2*). Copyright Blackwell Science Ltd.

En Afrique, des singes s'aventurent quelquefois hors de la forêt pour venir chercher des bananes dans des bananeraies et peuvent alors infecter les diverses espèces de moustiques locales qui, à leur tour, vont contaminer les personnes qui vivent ou travaillent dans les plantations. Une personne qui contracte l'infection dans une forêt ou à proximité de celle-ci peut transporter le virus dans des zones rurales ou urbaines et le faire passer chez des moustiques de l'espèce *Aedes aegypti* ou d'espèces voisines, qui le transmettront ensuite dans la population humaine. Ce genre de situation peut entraîner de graves épidémies et de nombreux décès.



Haemagogus
spp.
Sabethes chloropterus
Haemagogus
spp.
Aedes aegypti
Aedes aegypti

Fig. 1.24 Cycle de transmission selvatique, rural et urbain de la fièvre jaune en Amérique centrale et en Amérique du Sud (*2*). Copyright Blackwell Science Ltd.

Dans les Amériques, on a observé jusqu'en 1954 de très graves flambées urbaines provoquées par ce genre de situation. Il n'y en a pas eu depuis, mais le risque demeure et des cas sont signalés chaque année parmi les personnes qui travaillent en forêt. En Afrique, on signale occasionnellement des flambées en milieu urbain ou rural dans les régions voisines des zones de forêts, flambées qui peuvent entraîner la mort de milliers de personnes. La contamination peut être systématique pour les personnes qui travaillent en forêt. La fièvre jaune n'a jamais été signalée en Asie.

Lutte

Le meilleur moyen de prévenir la fièvre jaune est la vaccination. Elle est recommandée à toutes les personnes qui travaillent ou se rendent dans des forêts où existe un risque de transmission. La vaccination est également indiquée pour les personnes qui vivent dans des zones urbaines ou rurales exposées au risque.

Cette vaccination assure en principe une protection d'au moins dix ans et les autorités sanitaires portuaires ou frontalières d'un certain nombre de pays tropicaux exigent une revaccination contre la fièvre jaune tous les dix ans (*4*).

Il est possible de lutter contre les épidémies en vaccinant toutes les personnes qui vivent dans les secteurs affectés; on peut également procéder à des pulvérisations spatiales d'insecticides pour détruire les moustiques adultes ou encore détruire leurs larves par des moyens appropriés. Pour réduire le risque d'infection, une personne non vaccinée peut se protéger des piqûres de moustiques en portant des vêtements protecteurs, en s'enduisant de répulsif ou en utilisant des grillages pour éviter les piqûres en cours de journée.

Dengue et dengue hémorragique

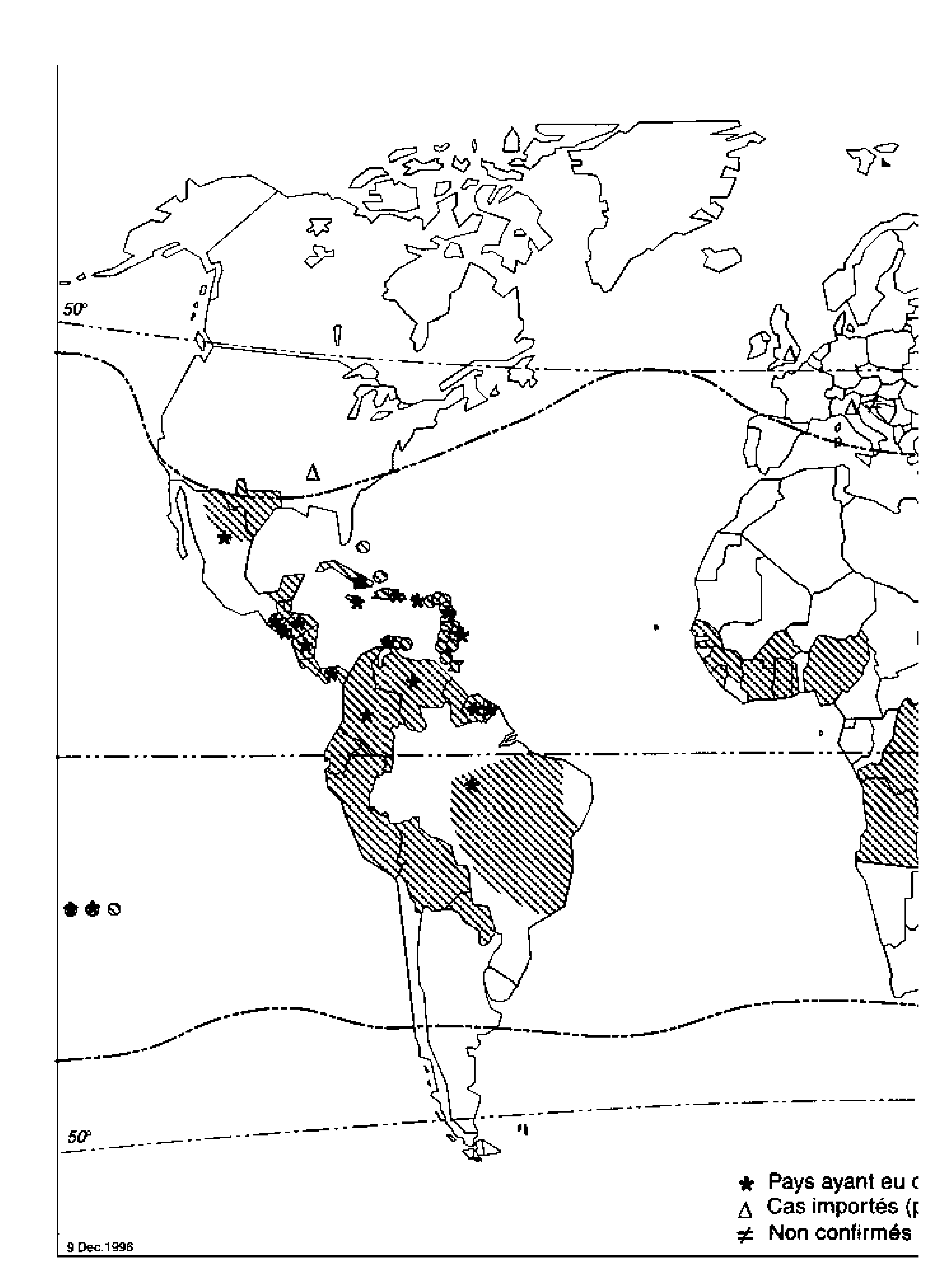
La dengue est provoquée par plusieurs virus étroitement apparentés, appelés virus de la dengue types 1, 2, 3 et 4. C'est principalement *Aedes aegypti* qui transmet la maladie d'une personne à l'autre, mais *Aedes albopictus* peut également en être le vecteur.

La maladie existe sous deux formes: la forme classique et la forme hémorragique.

La dengue classique donne lieu à des épidémies explosives qui touchent principalement les adultes, avec parfois plusieurs dizaines de milliers de cas, notamment en milieu urbain. C'est une affection fébrile aiguë d'installation brutale et qui peut durer une semaine ou davantage. Elle provoque de très fortes migraines, accompagnées de douleurs musculaires et articulaires et d'un exanthème. L'issue en est rarement fatale. Elle sévit dans la plupart des pays tropicaux et dans certaines régions subtropicales (Fig. 1.25). Elle peut également exister dans les zones rurales en présence de moustiques vecteurs appropriés.

La dengue hémorragique est une maladie grave qui sévit en Asie du sud-est et dont l'apparition dans les Amériques et le Pacifique Sud est assez récente (Fig. 1.25),

touchant principalement les enfants. La maladie débute par une forte fièvre, des vomissements, une migraine et des douleurs abdominales accompagnées de difficultés respiratoires. Des signes d'hémorragie interne sont fréquemment observés (Fig. 1.26). Un syndrome de choc peut apparaître par suite de la spoliation sanguine et de la chute de la tension artérielle. En l'absence de traitement, la mortalité peut atteindre 50% chez les malades en état de choc, mais la mortalité globale se situe généralement entre 5 et 10%.



50°
50°
Pays ayant eu c
Cas importés (
Non confirmés
9 Dec.1996

Fig. 1.25 Distribution des flambées de dengue: forme classique et forme hémorragique, 1975-1996 (© OMS).

WHO 94386/F

Prévention, traitement et lutte contre la maladie

Il n'existe pas de vaccin contre la dengue, mais des travaux sont en cours afin d'en mettre un au point. Il n'existe pas de traitement spécifique, mais en cas de choc, on peut traiter le malade par administration d'électrolytes et de plasma, avec surveillance des signes vitaux.

Les mesures préventives les plus efficaces consistent à réduire la densité des vecteurs, en l'occurrence, *Aedes aegypti.* Pour maîtriser durablement l'infection, le plus économique est de faire obstacle sur une grande échelle à la reproduction du vecteur, c'est-à-dire en éliminant ces gîtes larvaires que constituent les réceptacles naturels ou artificiels, en brûlant les déchets organiques, en grillageant ou en bouchant les récipients d'eau potable, en installant des systèmes d'adduction d'eau, ou, s'il n'y pas d'autre méthode qui donne satisfaction, en épandant sur les gîtes larvaires des larvicides efficaces et sans danger. Ces stratégies de réduction des sources de prolifération des moustiques par la communauté supposent un effort important d'éducation sanitaire qui s'inscrive dans la durée.



Fig. 1.26 Les hémorragies internes provoquées par la dengue hémorragique peuvent entraîner un assombrissement de l'épiderme au niveau de la face et des mains. Ce sont les enfants qui sont le plus souvent touchés.

Il est également recommandé de veiller à sa protection personnelle contre les moustiques qui piquent en cours de journée, par exemple en portant des vêtements adéquats, en s'enduisant d'un produit répulsif et en munissant de grillages les ouvertures de la maison. Outre les méthodes chimiques communément utilisées contre les moustiques piqueurs, comme par exemple les pulvérisations spatiales intradomiciliaires, on peut se protéger dans la journée à l'aide de serpentins et autres dispositifs anti-moustiques, de moustiquaires et de climatiseurs.

En cas d'épidémie, on prendra le même genre de mesures mais il faudra aussi tenter de réduire rapidement les populations de moustiques en procédant sans délai à des pulvérisations d'insecticides à l'extérieur. En ville, on traite généralement par des insecticides les zones où existent de nombreux gîtes larvaires, abritant des populations denses d'*Aedes.* Ces traitements peuvent être effectués au moyen de brumisateurs portés sur le dos ou à la main ou encore d'appareils montés sur tracteur ou aéronef. La pulvérisation sur les murs d'insecticides à effet rémanent est en général inefficace contre *Aedes aegypti,* car cette espèce se repose normalement à l'intérieur des habitations, sur des surfaces qui ne se prêtent pas à ce genre de traitement comme les rideaux ou autres pièces de tissu. Il faut constituer des réserves d'insecticides en prévision des situations d'urgence.

Encéphalite virale

L'encéphalite virale est une maladie caractérisée par une inflammation aiguë de l'encéphale et de la moelle épinière. Il existe un certain nombre de virus qui sont capables de donner lieu aux mêmes symptômes, mais avec plus ou moins de gravité et une évolution plus ou moins rapide. Souvent, il n'y a même pas de symptômes du tout. Dans les cas bénins, on observe un état fébrile avec migraine; dans les cas graves, la fièvre est forte et s'accompagne de symptômes tels que migraines, tremblements, paralysie spastique qui aboutissent au coma. La mort est extrêmement fréquente en cas d'encéphalite japonaise et elle n'est pas rare non plus dans les cas de fièvre de la vallée de la Murray ou d'encéphalite équine de l'Est. L'arriération mentale et les troubles neurologiques sont des séquelles souvent observées chez les survivants.

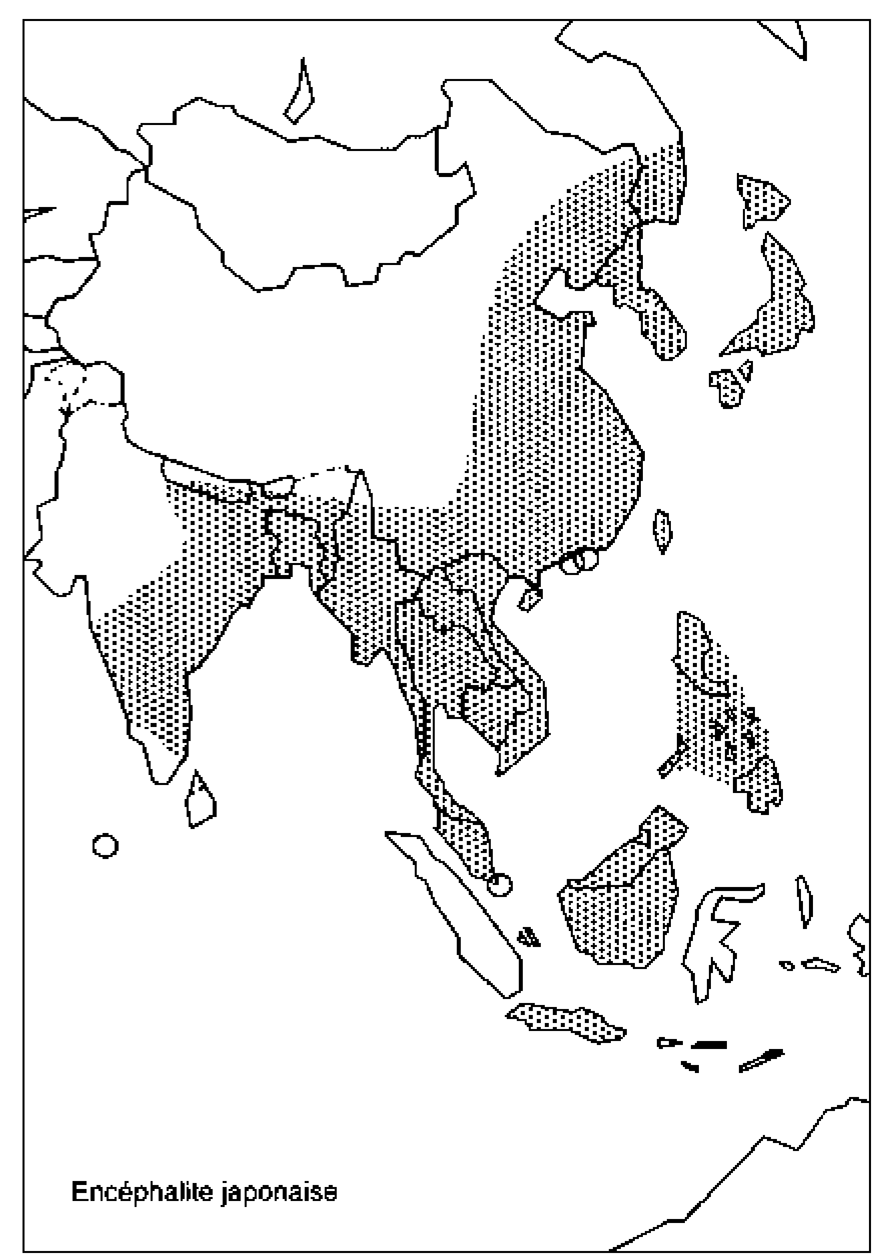


Fig. 1.27 Distribution des cas d'encéphalite japonaise en Asie du sud et de l'est 1995 (© OMS).

WHO 95476/F

Distribution et transmission

Pour certains de ces virus, ce sont des oiseaux (notamment des hérons, des aigrettes, des ibis et autres volatiles qui fréquentent les marécages ou leurs abords) qui jouent le rôle de réservoir. Les moustiques transmettent les virus du réservoir aviaire à d'autres animaux tels que porcs ou chevaux, ainsi qu'à l'homme. Chez le cheval, la maladie est très grave et son issue fatale. C'est notamment le cas pour l'encéphalite équine vénézuélienne.

L'encéphalite japonaise sévit en Chine et dans les pays du sud-est asiatique (voir Fig. 1.27) et avait également auparavant une localisation japonaise. Elle est extrêmement fréquente dans les zones de rizières où elle est transmise des oiseaux à l'Homme et au porc par des moustiques de diverses espèces et en particulier par *Culex tritaeniorhynchus.* Ces moustiques peuvent également la transmettre du porc à l'Homme. L'encéphalite équine vénézuélienne est présente en Amérique du Sud et en Amérique centrale, de même que dans le sud des Etats-Unis. L'encéphalite équine de l'Ouest et l'encéphalite de St Louis se rencontrent aux Etats-Unis et dans le nord de l'Amérique du Sud. L'encéphalite équine de l'Est sévit dans l'est des Etats-Unis, en Amérique du Sud ainsi que dans certaines régions d'Asie, d'Australasie et d'Europe.

Prévention, traitement et lutte contre la maladie

Dans certains pays d'Asie, on utilise un vaccin contre l'encéphalite japonaise qui permet d'immuniser les enfants des zones d'endémie. Il existe également des vaccins contre les encéphalites équines de l'Est et de l'Ouest. En revanche, il n'existe aucun traitement spécifique contre l'infection.

Pour éviter la contamination, on peut porter des vêtements protecteurs, s'enduire d'un produit répulsif, munir de grillages les ouvertures des habitations, placer des moustiquaires ou encore utiliser des dispositifs antimoustiques tels que serpentins etc... en évitant également d'avoir des activités à l'extérieur à la tombée de la nuit. En milieu rural, la pulvérisation d'insecticides dans les abris pour animaux et les habitations, en vue de détruire les *Culex* vecteurs de l'encéphalite japonaise, est généralement inefficace car le moustique pique et se repose à l'extérieur (*5*). Dans certaines régions, la démoustication est en revanche possible en prenant des mesures pour empêcher le moustique de se reproduire dans les rizières et les réseaux d'irrigation. En situation d'épidémie, on peut procéder à des pulvérisations spatiales d'insecticides à l'extérieur. Dans les zones d'endémie, il est recommandé de tenir les animaux domestiques à distance des habitations. Cette mesure s'applique tout particulièrement aux porcs, là où l'encéphalite japonaise est endémique.

Autres maladies virales

De nombreuses autres viroses sont transmises à l'Homme par les moustiques, par exemple la fièvre à virus Chikungunya et la fièvre de la vallée du Rift, dans les zones irriguées de l'Afrique de l'Est et de l'Inde, où se produisent des épidémies de grande envergure. La maladie de la rivière de Ross sévit dans certaines régions d'Australie et dans quelques îles du Pacifique. Elle est souvent à l'origine d'arthrites des mains et des pieds qui disparaissent au bout de quelque temps.

Il n'existe pas de traitement spécifique contre ces maladies. On peut en revanche les prévenir et les combattre par des mesures appropriées de lutte antivectorielle.

Onchocercose (cécité des rivières)

L'onchocercose est due à une filaire parasite, *Onchocerca volvulus.* Ce sont les simulies qui transmettent l'infection d'une personne à l'autre. Cette infection peut provoquer des démangeaisons intenses et des lésions oculaires susceptibles d'entraîner la cécité. La maladie, dont la distribution est focale, sévit dans toute l'Afrique centrale et l'Afrique de l'ouest ainsi que dans certaines zones d'Afrique orientale. Les régions les plus touchées sont les zones de savane de l'Afrique de l'ouest. L'infection se transmet

également de façon localisée au Yémen ainsi qu'en Amérique centrale et en Amérique du sud. Selon les estimations actuelles, il y aurait près de 18 millions de personnes infectées, dont 268 000 aveugles; par ailleurs 500 000 autres malades souffrent de graves troubles visuels (Fig. 1.28).

0°

0°

Onchocercose endémique

Zone couverte par l'OCP

10°E

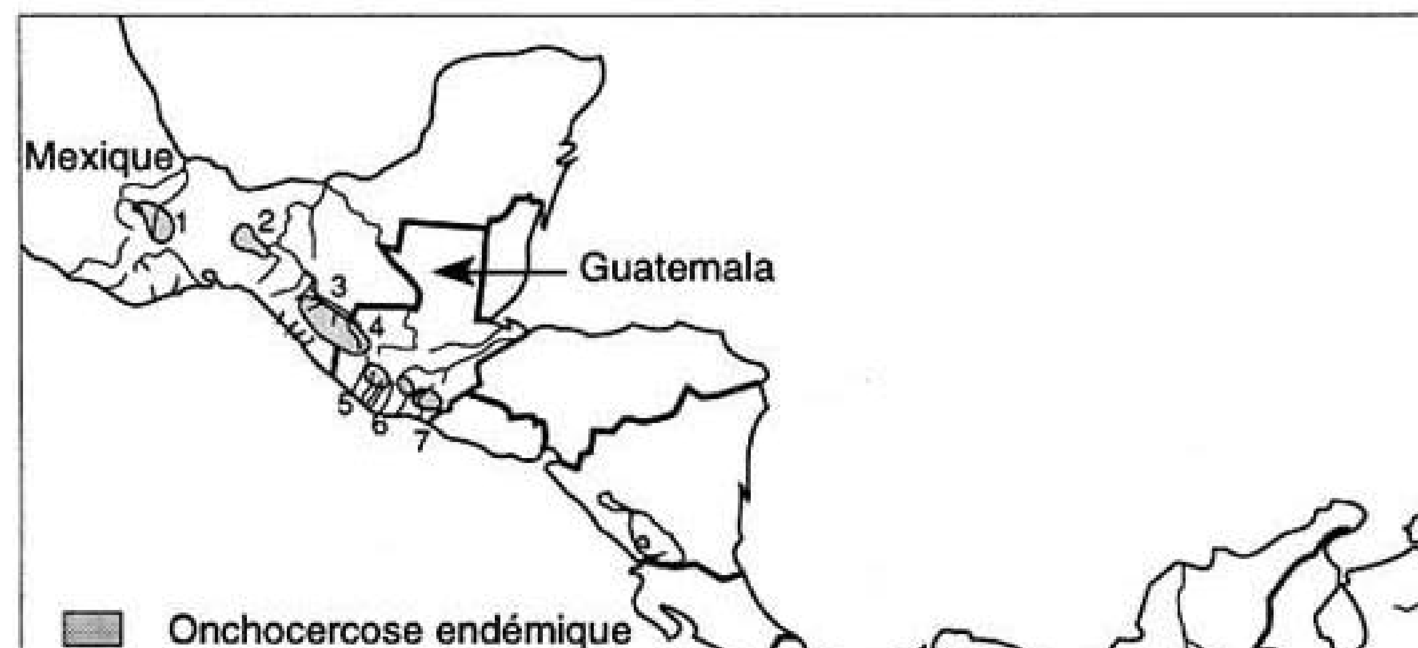


Fig. 1.28. Distribution géographique de l'onchocercose 1995 (© OMS).

WHO 96168/F

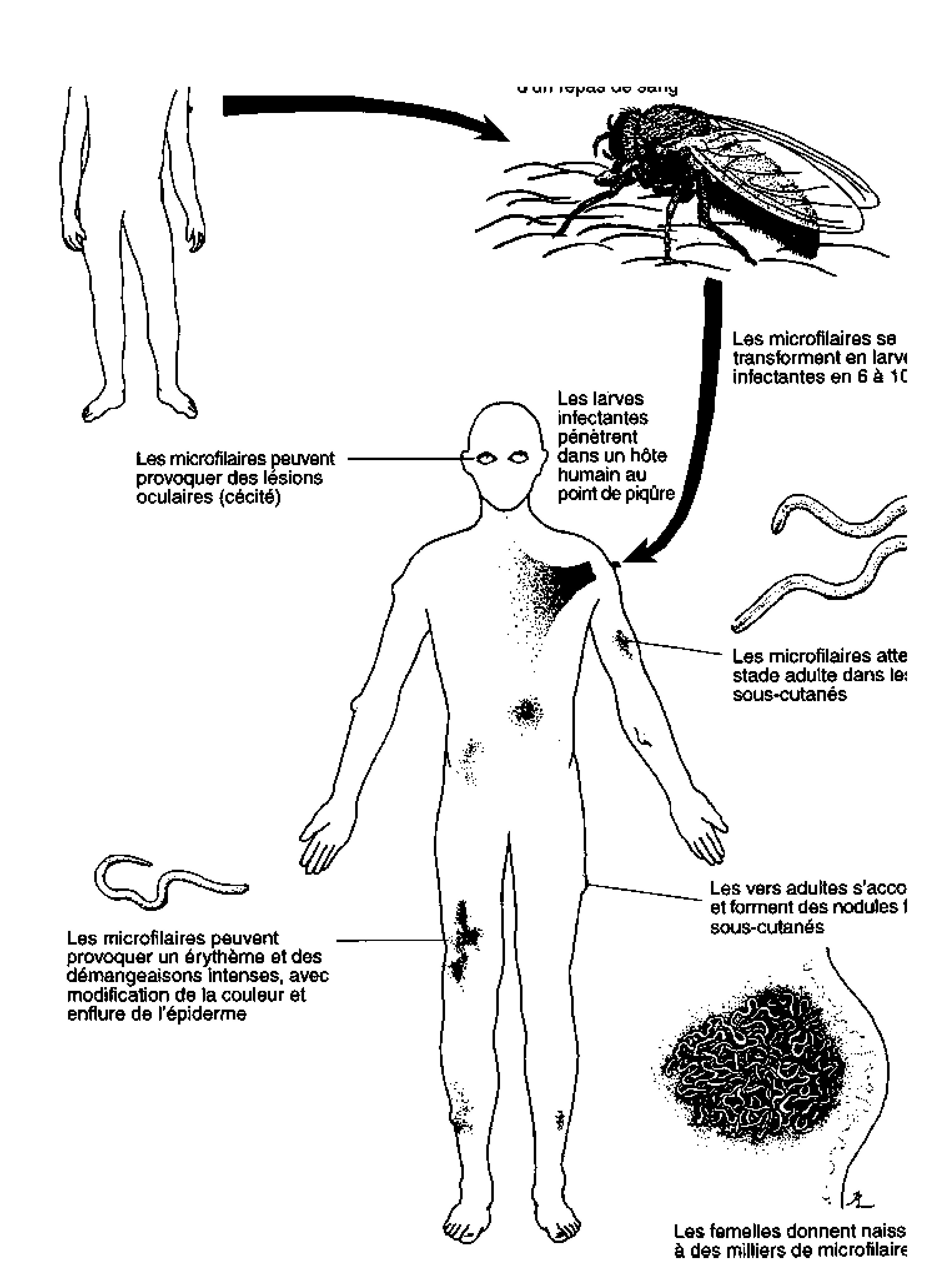

Les microfilaires se
transforment en larv
infectantes en 6 à 1
Les larves
infectantes
pénètrent
dans un hôte
humain au
point de piqûre
Les microfilaires peuvent
provoquer des lésions
oculaires (cécité)
Les microfilaires atte
stade adulte dans le
sous-cutanés
Les vers adultes s'acco
et forment des nodules
sous-cutanés
Les microfilaires peuvent
provoquer un érythème et des
démangeaisons intenses, avec
modification de la couleur et
enflure de l'épiderme
Les femelles donnent naiss
à des milliers de microfilaire

Fig. 1.29 Cycle de développement d'*Onchocerca volvulus* (par Taina Litwak pour le compte de la United States Agency for International Development's VBC Project).

Transmission

Les simulies sont les seuls vecteurs de l'onchocercose. Lorsque la simulie se nourrit, elle ingère des embryons d'onchocerques (microfilaires). Dans l'organisme de la simulie, les microfilaires se transforment au bout de 6 à 10 jours en larves infectantes. Ces larves sont transmises à l'Homme lors du repas de sang de l'insecte et achèvent alors leur développement en devenant des vers adultes (Fig. 1.29). Les vers femelles peuvent vivre jusqu'à 12 ans dans l'organisme humain et elles y produisent des millions de microfilaires qui migrent vers la peau, d'où elles peuvent à nouveau passer chez la simulie à la faveur d'une piqûre. C'est à proximité des rivères et ruisseaux au cours rapide que la transmission est la plus fréquente, car c'est là que les simulies se reproduisent et peuvent donc attaquer l'Homme en nombre. Il n'y a pas de transmission lorsque la température est inférieure à 18 °C et la maladie n'existe que sous les tropiques.

Symptômes cliniques

Les filaires adultes s'enkystent en nodules sous-cutanés dont le diamètre varie de quelques millimètres à plusieurs centimètres. Ils s'accumulent là où les plans osseux sont superficiels. La plupart des symptômes sont dus aux filaires qui se séparent des nodules pour se diriger vers la peau et les yeux. Le symptôme le plus fréquemment évoqué est un prurit intense.

Dans les infections anciennes, l'épiderme s'atrophie et s'amincit. Les lésions oculaires permanentes, se traduisant notamment par la cécité - la conséquence la plus grave de la maladie tant au plan individuel que du point de vue de l'économie rurale - apparaissent après plusieurs années d'une infection intense. Les voyageurs qui se rendent dans des zones où sévit l'onchocercose ont peu de chances de voir se développer des symptômes graves en cas d'infection.

Traitement, prévention et lutte contre la maladie

La prévention de la maladie passe obligatoirement par la lutte contre les simulies. L'ivermectine, un médicament anti-onchocerquien récemment mis au point, détruit les microfilaires, mais il est inactif contre les vers adultes. On peut cependant prévenir la cécité par la prise d'un comprimé chaque année après le traitement initial. Cette thérapeutique est désormais utilisée à grande échelle pour le traitement des personnes infectées et pour éviter l'évolution de la maladie.

Dans les onze pays d'Afrique de l'ouest couverts par le Programme de lutte contre l'onchocercose (voir encadré), la lutte contre la maladie repose sur l'association de la lutte antivectorielle et de la distribution d'ivermectine. Dans les autre pays d'endémie, qu'ils soient en Afrique ou en Amérique du sud, de même qu'au Yémen, on se borne à distribuer de l'ivermectine.

Le Programme de lutte contre l'onchocercose

En Afrique de l'ouest, a débuté en 1974 le Programme mondial de lutte contre l'onchocercose, programme mené conjointement par la Banque mondiale, l'OMS, le PNUD, les pays donateurs et les pays d'Afrique de l'ouest. Ce programme vise à ramener les populations de simulies à un faible niveau pendant une période suffisamment longue pour qu'il y ait interruption de la transmission du parasite et que les filaires adultes, qui sont susceptibles de survivre jusqu'à 12 ans chez l'Homme, disparaissent complètement. Le programme repose sur l'épandage à grande échelle d'insecticides par voie aérienne, et, depuis quelques années, sur la distribution d'ivermectine (*6, 7*). La destruction des larves par épandage d'insecticides sur les cours d'eau est la seule méthode pratique qui permette de venir à bout des simulies (Fig. 1.30). L'épandage d'insecticide sur un gîte larvaire donné entraîne généralement la destruction des larves jusqu'à 10 km en aval. Pour éviter de polluer l'environnement et de gaspiller les produits, on utilise des insecticides qui présentent une grande spécificité vis-à-vis des simulies; en outre leur épandage et leur devenir dans le milieu sont très soigneusement surveillés. Le téméphos, la phoxime ainsi que *Bacillus thuringiensis* H-14 figurent parmi les produits utilisés. On procède à une rotation des différents insecticides afin d'éviter qu'une résistance ne se développe parmi les populations de simulies (*8, 9*).

L'une des raisons de ces épandages à grande échelle sur de vastes bassins fluviaux tient au fait que les simulies sont capables de se laisser porter par le vent sur de grandes distances, de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres. La destruction des gîtes larvaires locaux ne serait donc pas suffisante pour éviter tout risque de réinvasion à partir des secteurs voisins.



Fig. 1.30 Epandage d'insecticide par voie aérienne sur des gîtes larvaires de simulies situés dans une rivière.

Leishmaniose

La leismaniose est causée par des leishmanies, protozoaires parasites appartenant au genre *Leishmania.* Elle touche l'Homme et les animaux. On estime qu'en 1996, quelque 12 millions de personnes étaient infectées et que 350 millions d'autres étaient exposées au risque.

La leishmaniose viscérale, également connue sur le sous-continent indien sous son nom hindi de kala-azar, est provoquée par *Leishmania donovani, L. infantum* ou *L. chagasi;* c'est une affection qui intéresse les organes internes et dont l'issue est souvent fatale si on ne la traite pas. Elle est endémique en Afrique de l'est, sur le sous-continent indien et en Amérique du sud. Elle sévit sporadiquement en Chine, dans la région méditerranéenne, en Asie du sud-est et dans les pays qui forment le sud de l'ex-URSS (Fig. 1.31a).

La leishmaniose cutanéo-muqueuse, également connue en Amérique du sud sous le nom d'espundia, est principalement due à *Leishmania braziliensis;* c'est une affection de la peau et des muqueuses nasale et buccale qui peut provoquer des lésions très déformantes. Elle sévit en Amérique centrale et en Amérique du sud; la leishmaniose oronasale, due à d'autres espèces de leishmanies, a été observée en Ethiopie et au Soudan (Fig. 1.31b).

La leishmaniose cutanée est connue sous des noms divers tels que bouton d'Orient, clou de Biskra, bouton d'Alep, ulcère de Bahia, ulcère du chiclero. Elle est causée, entre autres espèces, par *Leishmania major, L. tropica, L. aethiopica,* ainsi que par des espèces appartenant aux complexes *braziliensis* et *mexicana.* Elle se traduit par des ulcérations de la peau.

Il s'agit de la forme de leishmaniose la plus courante, qui se rencontre en Afrique, en Amérique du sud, sur le sous-continent indien, en Asie du sud-ouest, autour de la Méditerranée et dans les pays qui forment le sud de l'ex-URSS (Fig. 1.31c).

Transmission

La plupart des formes de leishmaniose sont avant tout des maladies de petits mammifères. L'Homme est souvent contaminé par des phlébotomes qui se sont préalablement infectés lors d'un repas de sang pris sur un animal malade (Fig. 1.32). L'importance de tel ou tel animal comme réservoir de parasites varie d'un lieu à l'autre et il peut également y avoir une transmission interhumaine. Ce n'est pas non plus toujours la même espèce de phlébotome qui transmet partout l'infection et les diverses espèces en cause peuvent souvent avoir une écologie et un comportement différents.

En Amérique du sud, les personnes les plus exposées au risque de leishmaniose cutanée ou cutanéo-muqueuse sont celles dont les activités les amènent à se rendre en forêt: bûcherons, récolteurs de caoutchouc et d'autres produits de la forêt, chasseurs, ouvriers du bâtiment et agriculteurs. Le risque est élevé dans les établissements humains situés à proximité d'épaisses forêts (*10*).

Sur le sous-continent indien, la transmission intradomiciliaire et péridomestique est plus courante du fait que la leishmaniose viscérale a un caractère anthroponosique et que le vecteur est strictement péridomestique. En Afrique, la situation épidémiologique est très diversifiée. Par exemple, le risque de leishmaniose viscérale est plus élevé

chez les hommes, qui ont l'habitude de tenir des réunions communales autour des termitières, alors que chez les garçons qui mènent le bétail dans des cavernes où il trouve refuge et plaques de sel à lécher, c'est le risque de leishmaniose cutanée qui est augmenté (R. Killick-Kendrick, communication personnelle).

(a)

(b) (c)

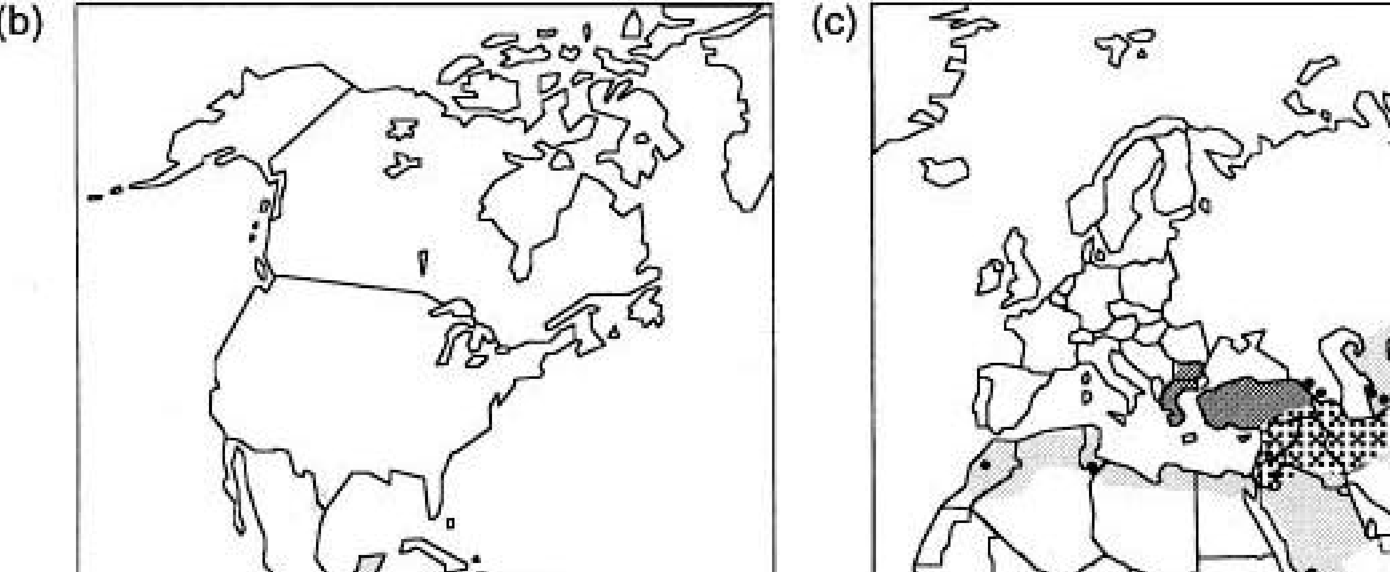


Fig. 1.31. Distribution de la leishmaniose: a) leishmaniose viscérale de l'Ancien et du Nouveau-Monde; b) leishmaniose cutanée et cutanéo-muqueuse du Nouveau-Monde; c) leishmaniose cutanée de l'Ancien-Monde 1996 (© OMS).

WHO 89983
WHO 96008/F
WHO 96009/F

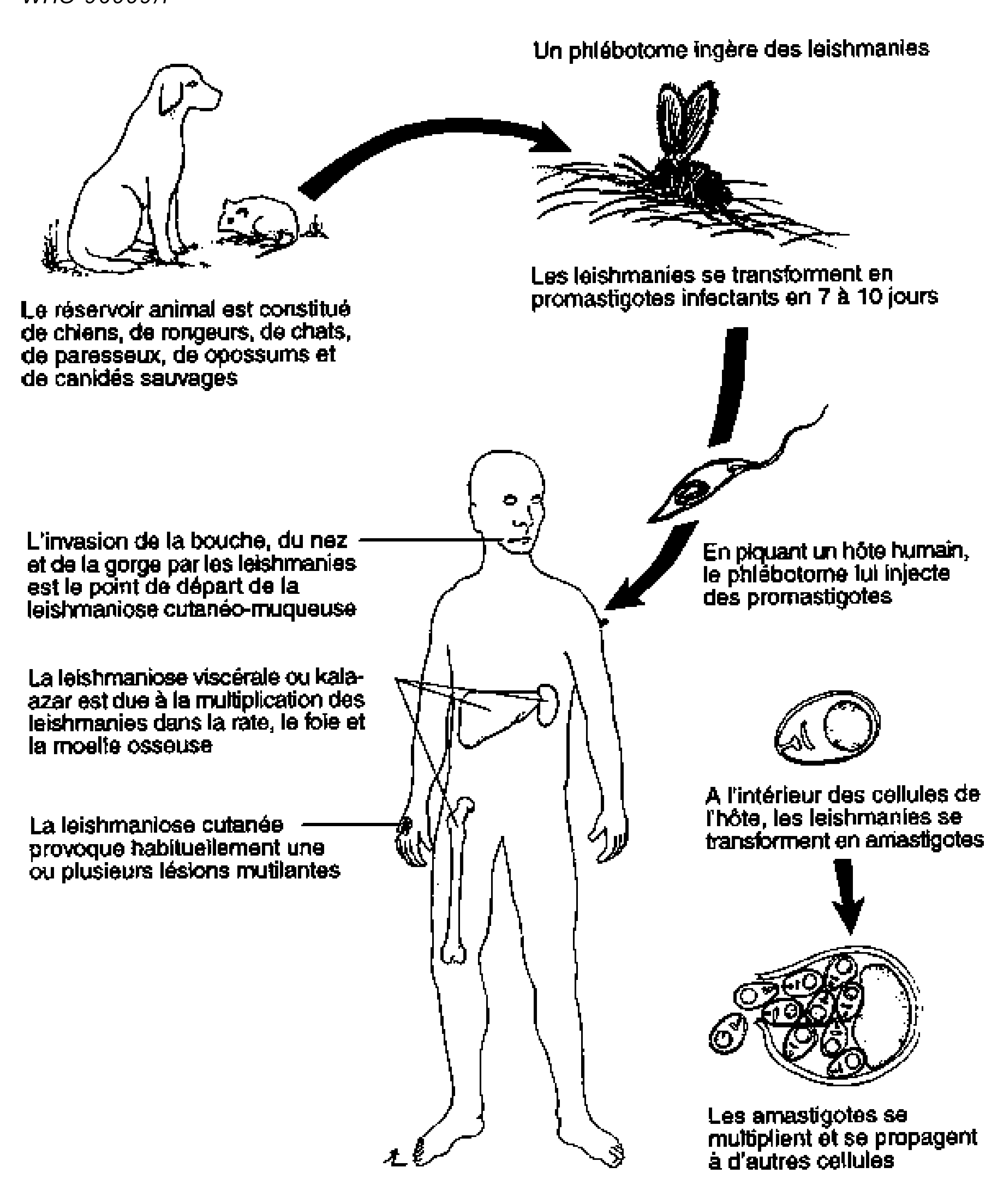


Fig. 1.32 Cycle de développement de *Leishmania* (par Taina Litwak pour la United States Agency for international Development's VBC project).

Le risque de contamination est plus élevé chez les personnes qui dorment à la belle étoile ou qui travaillent dehors la nuit. Il y a également davantage de risque là où se trouvent des rongeurs infectés ou autres animaux hôtes.

Symptômes cliniques

Dans les zones où la leishmaniose viscérale (kala-azar) est endémique, ce sont les enfants qui sont les plus touchés, sauf en Europe du sud et en Chine et il y a deux fois plus de malades du sexe masculin que du sexe féminin. La maladie débute insidieusement avec apparition progressive de fièvre, d'un malaise général, d'une perte de poids et, bien souvent, de toux et de diarrhée. L'un des principaux signes cliniques est l'hépatosplénomégalie (hypertrophie de la rate et du foie) (Fig. 1.33) avec présence éventuelle d'une adénopathie. En Inde, le kala-azar peut provoquer un assombrissement de l'épidémie au niveau de la face, des mains, des pieds et de l'abdomen. Il existe d'autres signes qui sont semblables à ceux d'une malnutrition, comme l'œdème et certaines anomalies tégumentaires et pileuses. Chez des sujets venant de zones exemptes de kala-azar et donc non immunisés, la maladie peut prendre un cours plus aigu et plus grave.



Fig. 1.33 L'hypertrophie de la rate et du foie est un signe caractéristique de la leishmaniose viscérale.

Les symptômes de la leishmaniose cutanée varient d'une région à l'autre et même à l'intérieur d'une même région, en fonction de l'espèce de parasite en cause et de la réponse immunitaire du malade. La lésion leishmanienne typique commence par un nodule qui se développe au point de piqûre, puis une ulcération croûteuse centrale apparaît, la croûte pouvant ensuite tomber, découvrant l'ulcère (Fig. 1.34). La lésion évolue progressivement vers la guérison, laissant une cicatrice profonde et permanente dont la coloration tranche sur celle de l'épiderme environnant. Selon l'espèce parasitaire en cause, la lésion évolue spontanément vers la guérison en deux mois à plusieurs années. Dans certains cas, il ne peut y avoir de guérison sans traitement et la maladie est susceptible d'évoluer vers la forme cutanéo-muqueuse.

Il arrive aussi que la maladie gagne le système lymphatique et provoque des ulcérations sur tout le corps.

Les premiers symptômes de la forme cutanéo-muqueuse sont analogues à ceux de la forme cutanée, mais les parasites peuvent passer dans la muqueuse de la cavité oro-nasale et du pharynx. Les tissus mous et les cartilages de ces zones sont peu à peu détruits par les ulcérations et par l'érosion (Fig. 1.35). Le gonflement des lèvres et du nez peut conduire à ce que l'on appelle parfois le «nez de tapir». Les mutilations sont graves et peuvent quelquefois avoir une issue fatale par suite de malnutrition ou de bronchopneumonie.



Fig. 1.34 La présence d'ulcérations qui laissent de profondes cicatrices après guérison est caractéristique de la leishmaniose cutanée.



Fig. 1.35 La leishmaniose cutanéo-muqueuse peut provoquer de graves mutilations de la face par destruction progressive des tissus de la cavité nasale et buccale.

Traitement

Une simple leishmaniose cutanée guérit en général sans traitement et confère au malade une immunité contre d'autres infections par le même parasite. C'est pour cette

raison que l'on communique quelquefois volontairement l'infection aux nourrissons au niveau du dos ou des fesses, pour les protéger contre des infections susceptibles de leur causer de vilaines cicatrices sur le visage.

Les autres formes de leishmaniose sont difficiles à traiter et il faut en général envisager une thérapeutique au long cours par un dérivé de l'antimoine pentavalent - antimoniate de méglumine ou stibogluconate de sodium. Le traitement consiste en de fréquentes et douloureuses injections et même si la tolérance est bonne en règle générale, il peut se produire des effets secondaires modérés tels qu'anorexie, vomissements, nausées, malaise général, myalgies et céphalées. Plus rarement, il arrive que l'hépatotoxicité et la cardiotoxicité des médicaments entraînent des effets secondaires plus graves.

Prévention et lutte contre la maladie

On peut se prémunir contre l'infection en évitant les piqûres de phlébotomes. Il est recommandé d'avoir recours à des mesures individuelles de protection, de disposer sur les couchages des moustiquaires imprégnées d'insecticide ou dont les mailles soient suffisamment serrées et d'apporter un certain nombre d'améliorations au logement. Il suffit quelquefois, pour se protéger, d'éviter les endroits où l'on sait que les phlébotomes se reposent ou se reproduisent. Dans une forêt épaisse, il est recommandé de ne pas se tenir entre les racines en contrefort des grands arbres (Fig. 1.36). Les nouvelles zones d'habitat en forêt doivent être de préférence entourées d'un terrain défriché sur environ 300 à 400 mètres de profondeur (*11, 12*).

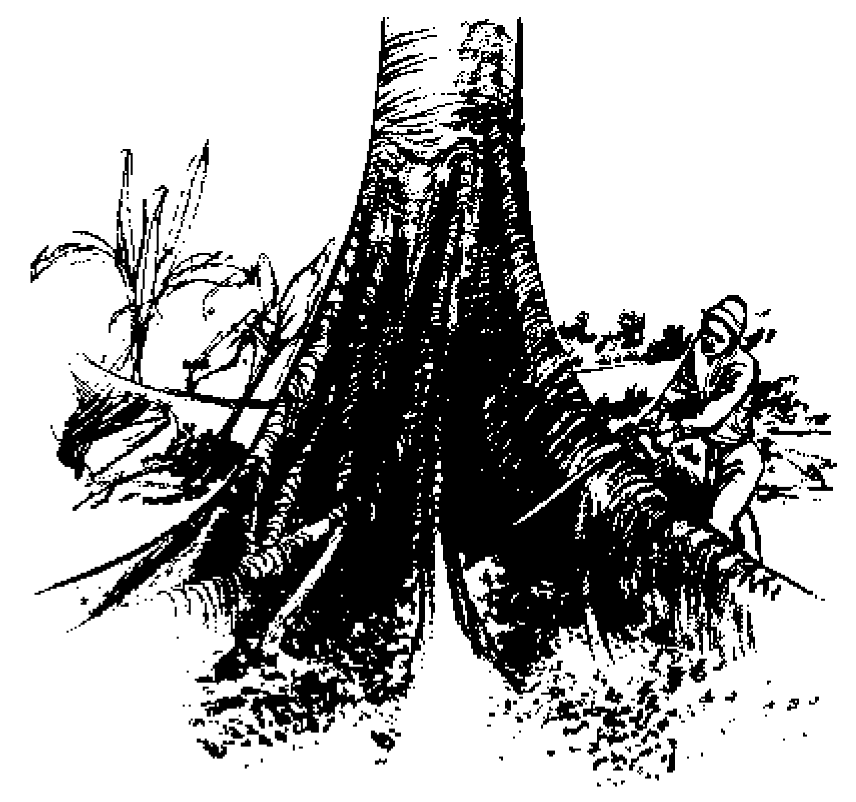


Fig. 1.36. Dans les épaisses forêts de l'Amérique du sud, les phlébotomes se reposent et se reproduisent souvent sur le sol humide situé entre les racines en contrefort des grands arbres.

Pour réduire la transmission de la leishmaniose, on a mis en œuvre des méthodes adaptées à la situation épidémiologique, telles que le dépistage et le traitement des malades ou la destruction des vecteurs ou des hôtes réservoirs. Les mesures de lutte dépendent également des habitudes des espèces vectrices locales et, le cas échéant, de celles des animaux réservoirs. Lorsque le réservoir parasitaire est exclusivement humain, il est possible de circonscrire les flambées par un dépistage et un traitement rapides des cas.

Les phlébotomes qui se reposent à l'intérieur peuvent être efficacement éliminés par un traitement de la surface intérieure des murs et de l'extérieur et de l'intérieur des encadrements de porte, des fenêtres et autres ouvertures, au moyen d'un insecticide à effet rémanent. Il est rare que l'on attaque directement à l'insecticide les vecteurs de la leishmaniose.

Dans la plupart des cas, c'est la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme qui se voit accorder la première priorité, la destruction des phlébotomes étant un à-côté de cette opération. Dans le cas des flambées à caractère épidémique, il y a avantage à envisager l'épandage d'insecticide sous volume ultra-faible aux alentours et à l'intérieur des habitations.

En ce qui concerne l'élimination des animaux réservoirs, il est à noter que certaines activités de développement peuvent avoir pour conséquence la raréfaction des leishmanies lorsque la modification de l'environnement le rend inhabitable pour les animaux hôtes qui vivent en forêt. En Ethiopie, des mesures ont été prises pour lutter contre le daman des rochers, un animal sauvage qui sert de réservoir aux leishmanies. Le réservoir domestique le plus important est le chien, mais le cheval, l'âne et le mulet seraient également des réservoirs de leishmaniose cutanéo-muqueuse dans les Amériques. Dans certaines régions, par exemple au Brésil, en Chine, sur le pourtour de la Méditerranée et dans l'ex-URSS, on a pris des mesures pour détruire les chiens contaminés, ainsi d'ailleurs que d'autres animaux réservoirs. Sur ce dernier territoire, le programme d'élimination a essentiellement porté sur la grande gerbille, *Rhombomys opimus* (*13*).

Mansonellose

La mansonellose est une filariose due à des filaires parasites de l'Homme appartenant au genre *Mansonella. Mansonella ozzardi* se rencontre au Mexique, au Panama, aux Antilles et en Amérique du sud. Elle est très répandue chez les indiens d'Amérique et elle est transmise par des cératopogonides du genre *Culicoides* ainsi que par des simulies. Elle est généralement considérée comme bénigne, mais on a fait état de certains symptômes tels que des douleurs articulaires. *Mansonella perstans* est répandue dans certaines régions d'Amérique du sud et d'Afrique, *M. streptocerca* dans quelques pays d'Afrique occidentale et centrale. Ces deux parasites sont transmis par des cératopogonides du genre *Culicoides.*

La filaire adulte vit dans les cavités du corps ainsi que dans le mésentère où il ne semble pas qu'elle cause de pathologie chez son hôte humain. Les larves sont présentes dans la peau et le sang.

Ces parasitoses peuvent se traiter par la diéthylcarbamazine. En fait, la plupart du temps les malades ne sont pas traités car il est rare qu'ils aient à se plaindre du moindre symptôme.

Loase

Cette maladie est causée par une filaire appelée *Loa loa.* Elle est transmise par des taons du genre *Chrysops* et elle se limite aux bois et aux forêts de l'Afrique occidentale et centrale, du Bénin à l'Ouganda et au sud du Soudan.

Le cycle de développement de la filaire ressemble à celui *d'Onchocerca volvulus* (voir Fig. 1.29). Le ver adulte vit dans les tissus sous-cutanés. Lorsqu'il se déplace sous la peau, il provoque des picotements et des démangeaisons. L'infection entraîne souvent des tuméfactions dans diverses parties du corps. Les larves présentes dans le courant sanguin sont captées par le taon au moment de son repas de sang.

On peut traiter la loase par la diéthylcarbamazine ou l'ivermectine.

Tularémie

La tularémie est une affection bactérienne transmise par la piqûre des taons du genre *Chrysops* et par des tiques à tégument dur. Pour plus de renseignements, voir le Chapitre 4.

Mesures de lutte

Choix des mesures de lutte appropriées

Le Tableau 1.2 indique le moment et l'endroit où les différents groupes de diptères sont actifs. Les mesures de protection individuelles, utilisation de répulsifs ou port de vêtements protecteurs, sont efficaces contre tous ces insectes. Par exemple, les moustiquaires sont efficaces contre les diptères qui piquent la nuit. L'aménagement des bâtiments pour les rendre impénétrables aux insectes permet de se prémunir contre les espèces qui pénètrent à l'intérieur pour se reposer et se nourrir. On peut en général empêcher les moustiques de venir se reproduire à l'entour et à l'intérieur des habitations moyennant un certain nombre de mesures simples et permanentes. Ce qui d'ailleurs n'empêche pas que l'on soit encore exposé aux piqûres de moustiques venus de terrains voisins où ils continuent à se reproduire. Pour venir à bout de ces nuisances, il faut donc qu'il y ait une bonne entente entre voisins.

On peut opter pour telle ou telle mesure de protection individuelle sans savoir exactement contre quelle espèce on souhaite se prémunir. Ces méthodes sont essentiellement destinées à protéger des individus, des familles ou de petites collectivités. Toutefois des méthodes telles que les moustiquaires imprégnées d'insecticide, l'amélioration des logements ou l'élimination des gîtes larvaires peuvent également être utilisées pour réduire la morbidité au sein d'une communauté si la majorité de ses membres les appliquent.

A l'échelon communautaire, la lutte contre les maladies à transmission vectorielle se fait généralement à grande échelle et elle a besoin d'un minimum d'appui et de participation de la part d'un organisme sanitaire local. Il faut consulter les agents de santé qui ont l'expérience de la lutte antivectorielle au sujet du choix et de la mise en œuvre de la stratégie la mieux appropriée à la situation locale.

Tableau 1.2

Choix de méthodes de lutte contre les diptères piqueurs[a]

Nuisance/vecteur	Piqûres à l'intérieur/à l'extérieur (I/E)	Piqûres de jour/de nuit (J/N)	Autoprotection			
			Protection personnelle		Protéger les habitations contre les insectes	Empêcher la reproduction à l'intérieur et alentour des habitations
			Répulsifs, vêtements	Moustiquaires		
Anopheles	I/E	N	++	++	++	+/-[c]
Culex	I/E	N	++	++	++	++[e]
Aedes	I/E	J	++	+/-	++	++
Mansonia	I/E	N	++	++	++	-
Simulies	E	J	++	-	-	-
Phlébotomes	I/E	J/N	++	++	++	-
Cératopogonides	I/E	J/N	++	++	++	-
Taons	E	J	+[n]	-	-	-
Stomoxes	E	J	++	-	-	+/-
Glossines[p]	E	J	+	-	-	-

[a] ++ = efficace; + = généralement efficace; +/- = quelquefois efficace; - = inefficace.

[b] Dans le cas de flambées à caractère épidémique, on peut envisager des pulvérisations spatiales d'insecticides sous volume ultra-faible.

[c] Les anophèles ne se reproduisent généralement pas à proximité des maisons en secteur urbain, à l'exception de *A. stephensi* en Asie méridionale. En Afrique, il y a transmission du paludisme aux abords semi-urbanisés des villes où les conditions sont celles du milieu rural.

[d] On pourrait améliorer tant soit peu la protection en détournant les moustiques vers les animaux domestiques.

[e] Contre *Culex quinquefasciatus.*

[f] L'implantation des abris pour animaux à distance des rizières s'est révélée efficace au Japon (*14*).

[g] La lutte contre les larves de *Culex tritaeniorhynchus* s'est révélée difficile dans les rizières d'Asie, mais on peut y parvenir quelquefois en pratiquant une irrigation intermittente, en utilisant des poissons larvivores et en épandant des larvicides bactériens.

[h] Pour empêcher la reproduction des moustiques incommodants dans les zones rurales, notamment dans les marais d'eaux saumâtres soumis à marée, on utilise quelquefois des granulés insecticides qui ne libèrent leurs matières actives qu'une fois recouverts par l'eau, c'est-à-dire au moment même de l'éclosion des œufs. Parmi les autres méthodes, on peut citer la régulation du niveau des eaux et l'amélioration des réseaux d'irrigation et de drainage.

[i] Quelquefois, par arrachage ou destruction de la végétation aquatique à laquelle les larves et les nymphes sont fixées.

[j] Par épandage de larvicides sur les cours d'eau.

[k] En évitant de se tenir dans des endroits où l'on sait que des phlébotomes ont l'habitude de se reposer et de se reproduire.

[l] arrive que des cératopogonides piqueurs pénètrent dans les habitations ou sous les tentes.

[m] Lorsque c'est possible, le drainage ou le comblement des zones marécageuses se révèlent extrêmement efficaces mais ces opérations sont souvent trop coûteuses. Quelquefois, des pulvérisations aériennes d'insecticides sur ces zones permettent de contenir efficacement, mais temporairement, les populations de diptères par destruction des larves.

[n] On peut se protéger des piqûres en portant des vêtements épais. Les répulsifs habituels sont moyennement efficaces contre les taons.

[o] Les méthodes qui permettent de réduire ou d'empêcher les diptères de se nourrir sur les animaux domestiques sont utiles non seulement pour ces animaux mais également pour les personnes qui vivent à proximité des étables. On trouve dans le commerce des plaques imprégnées d'insecticide qui, fixées à l'oreille des animaux, se révèlent très efficaces contre *Stomoxys calcitrans* pendant un à deux mois.

[p] Voir chapitre 2.

[q] Y compris l'utilisation de pièges et de grillages ainsi que le traitement des zones de repos de ces diptères au moyen d'insecticides à effet rémanent.

Protection individuelle

Les méthodes de protection personnelle utilisées individuellement ou par de petits groupes de personnes pour se prémunir contre les piqûres d'insectes et les maladies qu'elles sont susceptibles de transmettre, consistent à empêcher les insectes de venir au contact du corps. L'équipement utilisé est de volume réduit, portable et d'une utilisation simple. Ces méthodes peuvent offrir une protection non négligeable contre la contamination et permettent parfois de limiter la transmission des maladies dans une communauté, du moins lorsqu'elles sont utilisées par une fraction importante de la population.

Les répulsifs

Ils constituent la méthode la plus communément utilisée pour se prémunir contre les piqûres de moustiques et d'autres insectes hématophages. On les applique directement sur la peau, les vêtements ou autres pièces de tissu comme les moustiquaires ou les écrans anti-moustiques. Ils s'évaporent beaucoup plus vite que la plupart des insecticides. L'action des insecticides est plus durable et le contact avec le produit a pour effet soit de les tuer, soit de les étourdir, alors que les répulsifs empêchent simplement le contact entre l'Homme et l'insecte. Une fois appliqué sur la peau, le répulsif peut tenir les moustiques éloignés pendant 15 minutes à 10 heures; si on les applique sur les vêtements ou d'autres pièces de tissu, leur action est beaucoup plus durable. L'efficacité et la durée d'action varient selon le type de répulsif (nature du principe actif et type de formulation; (voir Fig. 1.37), le mode d'application, les conditions locales (température, humidité, vent), l'attirance plus ou moins grande du moustique pour telle ou telle personne, les pertes dues à la transpiration et aux frottements (*15-17*) et la sensibilité des insectes au produit, chaque espèce ayant sa sensibilité propre (*18-20*). La densité des piqûres joue également un rôle important: plus il y a de moustiques, plus on a de chances d'être piqué.

Dans certaines conditions, l'usager pourra bénéficier d'une protection totale, mais dans d'autres circonstances, cette protection sera plus limitée. Les personnes qui travaillent ou voyagent dans la forêt tropicale humide devront sans doute répéter les applications de répulsif car celui-ci est rapidement éliminé par la transpiration (*21*). Comme ce sont des produits qui ne sont pas actifs très longtemps, ont les applique essentiellement au moment où les insectes commencent à piquer. Dans le cas des moustiques, c'est très souvent vers le crépuscule.

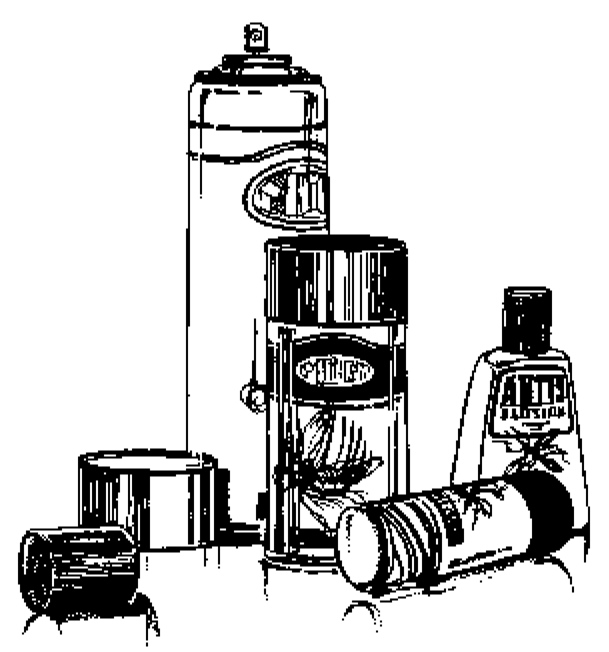


Fig. 1.37. Les répulsifs existent en bombes aérosol, lotions, crèmes, bâtons, cotons imprégnés, applicateurs etc...

Où et quand les utiliser

Les répulsifs sont précieux lorsque les autres mesures de protection sont inopérantes, peu pratiques ou interdites: personnes qui doivent sortir la nuit; personnel des plantations exposé au risque pendant la journée; personnes qui traversent des

toundras, des marécages, des prairies, des forêts, etc... infestés de moustiques ou s'en approchent etc... On peut également préférer les répulsifs pour se protéger à l'intérieur d'une habitation impossible à calfeutrer ou dont cette opération gênerait trop la ventilation. Les voyageurs apprécient le faible encombrement des répulsifs qui les rend aisément transportables, ainsi que leur facilité d'utilisation en tout lieu et en tout temps.

Associés à d'autres métodes, les répulsifs peuvent jouer un rôle important dans la lutte contre les moustiques et autres diptères piqueurs. Par exemple, on peut les utiliser pour se protéger en début de soirée et disposer ensuite des moustiquaires pour se garantir contre les piqûres nocturnes.

On trouve des répulsifs un peu partout, mais pour beaucoup de gens, leur prix de vente risque d'être trop élevé en vue d'un usage quotidien. Leur efficacité est variable et dépend de leur composition.

Mode d'emploi

Quel que soit le type de répulsif utilisé, il faut l'appliquer avec parcimonie sur toutes les parties exposées de l'épiderme, en particulier le cou, les poignets et les chevilles. On évitera de l'appliquer autour des yeux et des muqueuses (narines, bouche). On peut utiliser un répulsif en bombe aérosol pour traiter les parties exposées du corps. Le répulsif ne doit pas être pulvérisé sur le visage: il faut d'abord le pulvériser sur les mains (Fig. 1.38), puis se frotter les parties les moins sensibles du visage. En cas de réaction allergique cutanée, on lavera à l'eau la partie traitée et on consultera un médecin en lui montrant le récipient ou l'emballage du produit (Fig. 1.39). Pour voir si un répulsif produit une réaction cutanée indésirable, commencer par en appliquer une petite quantité sur le dos de la main.

Les différents types de répulsifs

Répulsifs traditionnels ou naturels

On utilise depuis fort longtemps toutes sortes de substances pour éloigner les insectes hématophages (*22*). La fumée d'un foyer ouvert repousse les insectes, surtout lorsque l'air est calme ou que la pièce est mal ventilée. Cet effet répulsif de la fumée peut être accentué par la combustion de certaines substances comme par exemple du bois aromatique résineux ou diverses plantes. Dans l'Inde du sud, on brûle des feuilles de *Vitex negundo* (le «nochi») pour éloigner les moustiques des habitations.

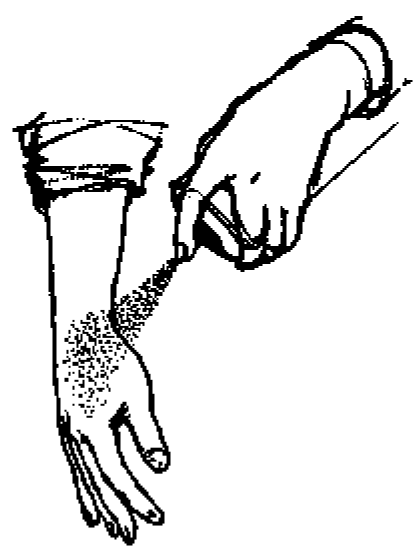


Fig. 1.38. On peut utiliser un répulsif en bombe aérosol pour traiter les parties exposées du corps.

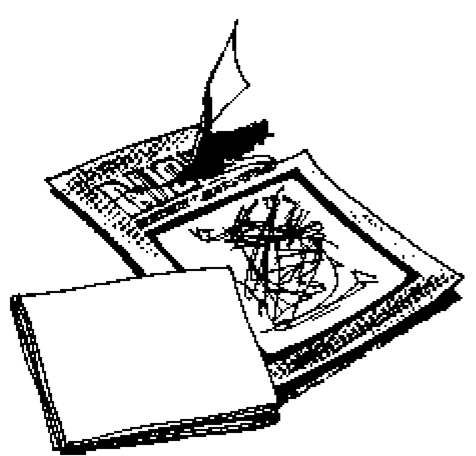


Fig. 1.39. Lavette imprégnée de répulsif qui a été sortie de son emballage. Elle est saturée d'un mélange de deet et d'alcool. On l'utilise en s'en frottant les parties exposées du corps.

Les huiles essentielles tirées de certaines plantes, comme la citronelle, ont un effet répulsif quand elles sont appliquées directement sur la peau ou les vêtements, mais leur effet protecteur est très bref. On parvient quelquefois à le prolonger en ajoutant au répulsif volatil de la graisse ou de l'huile animales qui permettent de ralentir la vitesse d'évaporation. Nombre de répulsifs traditionnels présentent des inconvénients, à savoir:

- ils ont une durée d'action très brève;
- ils ne sont pas très agréables à utiliser (forte odeur, irritation);
- ils peuvent avoir des effets secondaires indésirables (par exemple, dans le cas de la fumée).

D'un autre côté, ils ont aussi des avantages

- on peut se les procurer facilement;
- ils sont connus et acceptés partout;
- ils sont bon marché.

Il n'est pas possible d'énumérer dans ce manuel tous les répulsifs traditionnels et leur mode d'emploi. Nombre d'entre eux n'ont jamais été soumis à une étude scientifique et leur efficacité reste à confirmer.

Quelques produits végétaux inoffensifs utilisés comme répulsifs

Citronnelle

Huile essentielle tirée de la plante du même nom et très utilisée comme répulsif. La citronnelle industrielle est le principe actif d'un certain nombre de répulsifs du commerce. Fraîchement appliquée sur la peau, la citronnelle est presque aussi efficace contre les piqûres d'insectes que les répulsifs chimiques, mais son action ne se prolonge pas au-delà d'une heure.

Neem

En Afrique, en Asie et en Amérique latine, on utilise parfois des feuilles de neem (un arbre dont le nom scientifique est *Azidarachta indica*) qui dégagent en brûlant une odeur désagréable. On peut aussi les faire sécher et les suspendre dans la maison pour chasser les moustiques. Certains estiment que des neems plantés à proximité d'une maison tiennent les moustiques à distance, mais ce n'est pas prouvé scientifiquement. On utilise des extraits de graines de neem comme insecticide en agriculture.

Arbres aromatiques

On fait parfois brûler le bois ou la résine de certains arbres aromatiques pour éloigner les moustiques. Dans quelques pays d'Afrique on vend ce bois sur les marchés locaux (*23*).

Répulsifs modernes pour application cutanée

Au cours de la deuxième moitié du vingtième siècle, on a produit un certain nombre de répulsifs de synthèse à action prolongée, non toxiques, cosmétiquement acceptables en applications cutanées et efficaces contre de très nombreux insectes. Parmi les produits élaborés au cours de la première moitié du siècle, le phtalate de diméthyle, l'indanone et l'éthylhexanediol se sont révélés les plus efficaces en application cutanée. Ces substances entrent encore dans la composition de certains répulsifs du commerce.

En 1954, la mise au point du diéthyltoluamide ou deet a marqué un tournant dans la recherche. Ce produit, qui se présente sous la forme d'un liquide huileux incolore doté d'une légère odeur, reste le meilleur qui soit. Il repousse de nombreux insectes et acariens - tiques en particulier. Son action est plus durable que celle des autres répulsifs (*18-20, 24-27*). Le deet agit également contre les sangsues terrestres hématophages (*28, 29*).

Il est disponible soit pur, soit en solution à 5-90%. Pour en faciliter l'utilisation et les rendre cosmétiquement plus intéressants, ces produits sont souvent proposés sous

forme de lotions, de crèmes, de mousses, de cires (sticks) ou d'aérosols en bombe. On leur adjoint fréquemment une base huileuse ou alcoolique et un parfum d'odeur agréable. On applique le produit sur les parties exposées de l'épiderme par pulvérisation, massage ou friction, selon le mode de présentation.

Dans certain cas, la base que contient le produit (huile, silicone, polymère) réduit la vitesse d'évaporation du principe actif et permet donc d'en prolonger l'action (*15-17*). Certaines formulations de deet peuvent conserver leur effet répulsif jusqu'à 12 heures, mais la durée de cet effet est en général de 4 à 6 heures. Certains produits à longue durée d'action ont l'inconvénient de devenir collants lorsqu'on les applique sur la peau, mais ce n'est pas le cas des solutions éthanoliques de deet.

On n'a que rarement signalé des allergies ou autres réactions sévères - éruptions, par exemple au deet (*30-32*).

On estime que ce composé est sans danger pour les adultes, sauf en cas d'exposition prolongée à de fortes concentrations. Comme les enfants se révèlent plus sensibles, il faut veiller à ce que leur épiderme soit le moins exposé possible et il est recommandé d'appliquer le produit de préférence sur leurs vêtements (*33*). Le deet peut attaquer certains plastiques (par ex. stylos, verres de montres, montures de lunettes, sièges de voitures).

Des données d'origine indienne incitent à penser que le *N, N*-diéthylphénylacétamide (DEPA) est aussi efficace que le deet, tout en étant moins coûteux (*34*). La citronnelle est souvent utilisée car elle est bon marché et d'odeur plus agréable selon certains. Le phtalate de diméthyle et certains dérivés carboxyliques sont plus difficiles à trouver. On les ajoute au deet dans un certain nombre de préparations du commerce. Les produits contenant un mélange de plusieurs répulsifs sont sans doute efficaces contre un plus grand nombre d'espèces que ceux qui n'en contiennent qu'un seul.

La savonnette répulsive

Il s'agit d'un produit d'hygiène individuelle récemment mis au point qui offre une protection de longue durée pour un prix modique. Il est préparé à l'aide de produits utilisés en savonnerie, comme l'huile de coprah et contient 20% de deet et 0,5% de perméthrine. Pour l'appliquer, il faut humidifier la savonnette ou la peau et frotter jusqu'à obtention d'une mousse avec laquelle on masse les parties exposées du corps (Fig. 1.40). Pour la protection du visage, on applique la mousse sur le front, le cou et les oreilles. Après l'application, il subsiste sur la peau une pellicule blanche qui disparaît assez vite. Cette pellicule a une consistance visqueuse que l'on peut trouver désagréable. Elle ne s'en va pas facilement par contact avec les vêtements mais on peut l'éliminer en frottant sous un courant d'eau. Le produit est sans danger mais il faut éviter les parties sensibles lorsqu'on l'applique sur l'épiderme d'enfants en bas âge. Dans l'attente de tests d'innocuité en bonne et due forme, l'OMS n'en recommande pas l'usage quotidien pendant de longues périodes.

L'application doit se faire au coucher du soleil pour assurer une protection pendant la soirée. En fonction d'un certain nombre de facteurs et notamment des espèces de moustiques locales, la savonnette répulsive peut protéger pendant 4 à 8 heures. Dans des conditions optimales, l'effet protecteur peut même durer jusqu'à 12 heures. Cet effet est plus ou moins marqué et dure plus ou moins longtemps selon les conditions

d'utilisation et les espèces en cause (*35-39*).

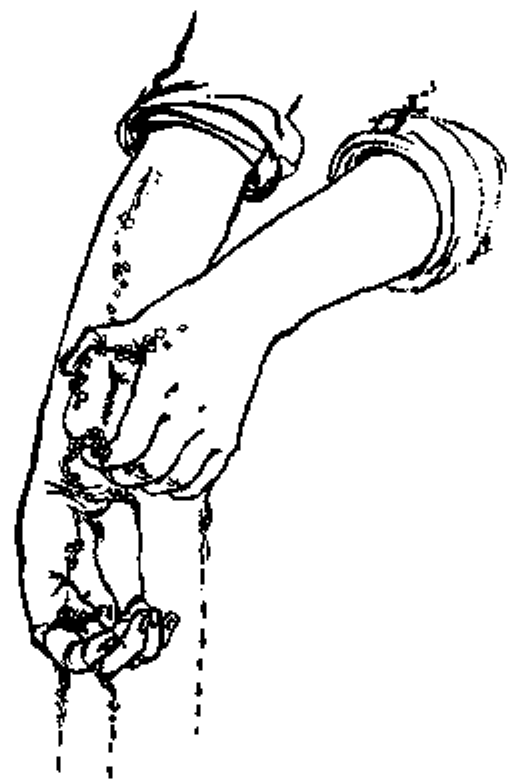


Fig. 1.40. La savonnette répulsive.

Une savonnette de 40 grammes, utilisée avec parcimonie sur les bras, les jambes et autres parties du corps exposées, dure environ 20 jours. Le produit est breveté mais le détenteur du brevet en autorise la production locale à des fins non commerciales. Le mode de fabrication et les ingrédients sont analogues à ceux que l'on utilise en savonnerie.

Composition	***% en poids***
Huile de coprah non raffinée	49,86
Antioxydant (par ex. butylhydroxyanisole)	0,14
Deet	20,00
Perméthrine officinale (perméthrine cis/trans 25/75)	0,50
Base parfumée (par ex. essence de rose ou de lavande)	1,00
Solution de soude caustique	27,50
Argile naturelle	1,00

On peut se procurer ces ingrédients dans la plupart des pharmacies. Le deet peut être obtenu auprès de distributeurs de produits chimiques. Faute de perméthrine officinale, on peut utiliser de la perméthrine de qualité technique.

Mélanger le deet et la perméthrine à la température ambiante et ajouter le mélange à l'huile de coprah dans laquelle on aura préalablement dissous l'antioxydant. Chauffer le tout à 40°C et ajouter la base parfumée. Verser la soude caustique dans ce mélange à

la température ambiante en agitant vivement. Lorsque toute la soude a été ajoutée, verser l'argile en pluie et verser l'émulsion dans des moules en laissant la réaction se poursuivre pendant 12 heures. Le lendemain, découper les blocs en savonnettes de 40 g. Enveloppées dans des feuilles de polypropylène et placées dans des boîtes à l'abri de l'air, les savonnettes conservent leur efficacité pendant plus de deux ans. Si on utilise un sac plastique ou qu'on les range sans les emballer dans une boîte hermétique, leur durée de conservation se limite à un an. Si le produit est destiné à être utilisé dans un délai de quelques semaines, on peut se contenter d'un emballage bon marché.

Vêtements protecteurs

Les vêtements peuvent assurer une protection contre les piqûres d'insectes s'ils sont suffisamment épais et d'une texture qui s'oppose à la pénétration de l'aiguillon ou des pièces buccales. Les insectes sont généralement moins attirés par les couleurs claires que par les teintes foncées. Le port de bottes ou de chaussures montantes permet de se protéger les chevilles. On peut également se protéger à ce niveau en portant des chaussettes épaisses et des pantalons longs et en veillant à bien engager le bas du pantalon dans la chaussette. Les chemises à manches longues, les résilles, voilettes, foulards et chapeaux fournissent aussi une certaine protection. Certains insectes parviennent toutefois à piquer à travers l'étoffe d'un vêtement et des chaussettes en particulier; pour se prémunir contre ce risque, on peut traiter les vêtements avec un insecticide ou un répulsif.

Les cératopogonides, les phlébotomes et les simulies, qui sont de petite taille, sont incapables de piquer à travers les vêtements, même si le tissu est fin (*40*). Pour les personnes qui ont à faire durant la journée, la meilleure solution consiste à porter des vêtements légers couvrant le plus possible le corps et à s'appliquer un répulsif sur les parties découvertes (*26, 41*). Contre les essaims de cératopogonides, les répulsifs n'offrent qu'une protection partielle. On peut obtenir une bonne protection avec des résilles ou des vestes à capuchon munies de voilettes à larges mailles et imprégnées de répulsifs (*22, 42-44*).

Vêtement anti-moustique

Dans l'ex-URSS, on a mis au point un gilet suffisamment épais pour empêcher les moustiques de piquer au travers, mais qui assure quand même une aération suffisante du corps. Il se présente sous la forme d'un sous-vêtement à manches longues fait d'un tissu à larges mailles et dont les fibres ont environ 0,5 cm d'épaisseur. Il se porte sous une chemise classique à manches longues (*45*).

Vêtements traités

On peut traiter les vêtements au moyen de répulsifs pour empêcher les moustiques de se poser et de piquer ou encore avec des insecticides à action rapide du groupe des pyréthrinoïdes, comme la perméthrine. Ces insecticides ne repoussent pas les insectes mais les laissent au contraire entrer en contact avec le tissu où ils sont alors tués ou suffisamment irrités avant d'avoir eu le temps de piquer. Il est préférable d'appliquer les répulsifs sur les vêtements ou d'autres pièces de tissu que sur la peau car on réduit ainsi le risque de réactions allergiques. La peau n'a ainsi qu'un contact limité avec les

répulsifs ou les insecticides du fait que ces produits adhèrent fortement aux fibres; on peut alors utiliser des doses plus élevées.

Les pyréthrinoïdes de synthèse sont généralement préférés aux répulsifs volatils pour le traitement des vêtements. Les raisons en sont les suivantes:

- ils agissent rapidement en repoussant ou tuant les insectes piqueurs;

- leur action est prolongée et dans une certaine mesure, ils résistent aux intempéries, au soleil et au lavage à l'eau froide;

- ils sont d'une utilisation plus agréable (à peu près incolores et inodores et ils ne graissent pas);

- ils ne sont pas toxiques et n'irritent pas la peau si on les applique à la bonne dose (*46*)*;*

- ils sont sans action sur le plastique;

- ils reviennent moins cher que les répulsifs car il suffit de quelques petites doses de temps en temps.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que si un vêtement a été traité à l'aide d'un pyréthrinoïde non répulsif, les insectes ailés peuvent quand même venir piquer les surfaces de peau qui sont à découvert, aussi faut-il appliquer un répulsif à ces endroits. Par suite de la vaporisation, un vêtement fraîchement traité par un répulsif protège mieux la peau nue qu'un vêtement traité à l'aide d'un pyréthrinoïde.

Les chaussettes imprégnées peuvent protéger efficacement contre les simulies, car celles-ci piquent fréquemment au niveau des chevilles. Les pantalons et les bas imprégnés protègent également bien contre les tiques et les acariens (*47*)*.* L'imprégnation des vêtements est également efficace contre les piqûres de moustiques, de phlébotomes, de cératopogonides, de puces et de poux du corps (*47-52*). Les répulsifs peuvent conserver leur efficacité jusqu'à une semaine après l'imprégnation. On peut prolonger cette efficacité en rangeant le vêtement imprégné dans un coffre ou un sac hermétiques de manière à éviter l'évaporation du produit. Appliqué sur un vêtement, un répulsif restera plus longtemps efficace que sur la peau car:

- il n'y a pas de pertes par abrasion;

- le produit n'est pas absorbé par la peau;

- il n'y a aucune élimination du principe actif par la sueur;

- la température plus basse ralentit l'évaporation, sauf si le vêtement est exposé au soleil;

- le produit adhère mieux au fibres de coton et aux fibres synthétiques.

Un vêtement traité par la perméthrine peut conserver pendant des semaines ou des mois sa toxicité pour les insectes, selon qu'il est plus ou moins souvent porté et lavé ou exposé à la pluie. Un vêtement imprégné peut conserver son efficacité protectrice même après une dizaine de lavages à l'eau froide et au savon. Toutefois, l'élimination de la perméthrine est plus importante si on utilise de l'eau chaude (*50, 52*).

Répulsif ou pyréthrinoïde?

Tout répulsif jugé sans danger pour une application cutanée peut servir à imprégner des vêtements. La perméthrine a fait l'objet de très nombreux essais et on estime qu'elle est toujours le produit de choix pour le traitement des vêtements (*46*). D'autres pyréthrinoïdes peuvent également convenir, comme par exemple la cyfluthrine, mais la plupart des pyréthrinoïdes non toxiques sont rapidement décomposés par la lumière solaire.

Comment traiter des vêtements

Pour imprégner un vêtement de perméthrine, on peut pulvériser le produit à l'aide d'une bombe aérosol ou tremper le vêtement dans une émulsion aqueuse. La dose recommandée est de 1,25 g/m^2 (0,125 mg/cm^2) pour les manteaux, les vestons, les chemises à manches longues et les pantalons et de 0,8 g/m^2 (0,08 mg/cm^2) pour les chemises à manches courtes. Il est peut-être plus facile de se procurer du deet en bombe aérosol. Pour ce produit, la dose recommandée est de 20 g/m^2 (2 mg/cm^2), soit environ 70 g de matière active par vêtement.

On trouve des solutions alcooliques à 30 et 95% de deet technique qui conviennent pour l'imprégnation par trempage. La marche à suivre est indiquée à la page 94.

Draps imprégnés

Lorsqu'on dort à la belle étoile dans des régions où les nuits sont fraîches ou lorsqu'on n'a ni la possibilité ni les moyens de disposer d'une moustiquaire, on peut envisager de se couvrir avec un drap ou toute autre pièce de tissu préalablement imprégnée d'insecticide ou de répulsif. Il s'agit d'une méthode qui n'a pas encore été essayée mais que l'on peut considérer comme aussi sûre et efficace que le port de vêtements imprégnés. Sous les climats chauds, on pourrait, pour se couvrir entièrement le corps, envisager d'utiliser des tissus fins à tissage pas trop serré qui laisse passer l'air.

Vestes imprégnées en gaze à larges mailles

Des vestes spéciales faites d'une gaze ou d'un tulle à larges mailles et munies d'un capuchon protecteurs peuvent assurer une protection suffisante contre les insectes piqueurs lorsqu'elles sont imprégnées de deet ou d'un autre répulsif (Fig. 1.41; *43, 53-56*). Ces vestes sont très commodes pour les personnes qui se rendent pour un court laps de temps dans des zones infestées par de grandes quantités de moustiques ou autres insectes piqueurs, par exemple le nord de la Sibérie, de la Scandinavie ou de l'Alaska. L'avantage de cette gaze est de pouvoir être utilisée avec ou sans autres vêtements et de ne pas tenir trop chaud.

Elle a en revanche l'inconvénient de s'emmêler facilement dans la végétation dense, aussi convient-elle mieux aux zones où la végétation est clairsemée. Le matériau

utilisé est un coton résistant à larges mailles, un mélange de polyester et de coton ou du nylon. On en trouve au Canada et aux Etats-Unis qui consistent en un treillis de polyester à larges mailles avec des brins de coton. L'adjonction de coton est nécessaire pour permettre une imprégnation à la dose recommandée de 0,25 g de deet par gramme d'étoffe (10-15 g par m^2). Ces vestes doivent être rangées dans des sacs hermétiques en plastique.

Voiles imprégnés anti-insectes

Le port de voiles de gaze ou de tulle à larges mailles analogue à celle qui sert à confectionner les vestes ci-dessus permet de se protéger la tête et le cou (Fig. 1.42; *57, 58*). On les porte de préférence avec un chapeau ou tout autre type de couvre-chef. La gaze ne nuit ni à la visibilité ni à la ventilation.

Bandes et chevillières imprégnées de répulsif

Beaucoup d'espèces d'insectes hématophages piquent surtout au niveau des chevilles et des poignets. On peut se protéger convenablement contre ces piqûres en portant aux extrémités des bandes de coton imprégnées de répulsif (Fig. 1.43; *18, 59*). Ces bandes ont environ 10 cm de largeur et 35 cm de longueur et elles peuvent être munies de boutons et de boutonnières ou être confectionnées avec un tissu élastique (comme les bandeaux anti-sueur) de manière à rester bien en place.



Fig. 1.41. Les vestes en gaze ou en tulle à large mailles imprégné de répulsif protègent des moustiques et autres insectes piqueurs.



Fig. 1.42. Un voile imprégné de répulsif permet de se protéger la tête et le cou contre les moustiques et autres insectes piqueurs.

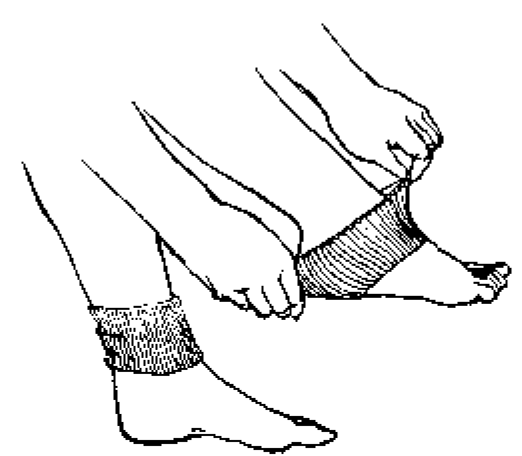


Fig. 1.43. Des chevillières imprégnées de répulsif empêchent les insectes de piquer le bas des jambes, les chevilles et les pieds.

On les imprègne de répulsif plutôt que d'insecticide car la vaporisation du répulsif permet de protéger les parties découvertes du corps situées à proximité. Ces accessoires doivent être rangés dans une boîte métallique ou un sac en plastique hemétiques pour réduire l'évaporation du répulsif. La dose de concentré de deet (95%) est de 4 ml par bande, mais on peut aussi saturer le tissu d'un mélange à 30% d'alcool et de deet. Portées 2 h chaque soir, ces bandes conservent leur efficacité pendant au moins 50 jours.

Pièces d'étoffe détachables imprégnées de répulsif

On peut éviter de traiter intégralement un vêtement en utilisant des pièces de tissu détachables imprégnées de répulsif. Ces pièces peuvent être fixées, par exemple, à l'aide de boutons-pression ou de bandes de velcro. Une étude (*59*) a montré que quatre carrés de 15 cm × 15 cm apposés sur le devant d'une chemise plus un carré sur le dos permettaient de réduire sensiblement les piqûres de moustiques pendant

plus de deux mois en utilisation bi-hebdomadaire. Pour les imprégner, on peut les tremper dans une solution à 10% de deet ou de DEPA, après quoi on les place dans un sac hermétique en plastique en attendant de les utiliser. Ce système a l'avantage d'être simple et bon marché, de ne pas entraîner de contact direct avec la peau et de permettre d'enlever la pièce d'étoffe avant le lavage du vêtement.

Vaporisateurs d'insecticides

Contrairement aux répulsifs, seuls quelques insecticides, comme le dichlorvos, ont un effet spatial à la température ambiante. Certains d'entre eux peuvent néanmoins agir à distance en repoussant, voire en tuant les insectes dans la mesure ou on les vaporise à l'aide d'un dispositif chauffant. On peut également les diffuser dans l'air au moyen d'une bombe aérosol.

Les dispositifs qui permettent de libérer un insecticide dans l'atmosphère contribuent à protéger les personnes situées dans leur voisinage. Un moyen traditionnel consiste à faire brûler des plantes ou du bois contenant des substances répulsives ou insecticides (*23, 60*). Parmi les dispositifs modernes, on peut citer les serpentins insecticides, les plaquettes à vaporiser, les diffuseurs de dichlorvos et les bombes aérosol. Ce sont des produits relativement peu coûteux qui peuvent protéger plusieurs personnes à la fois. Il est toutefois à noter que leur utilisation se limite aux maisons et autres lieux peu ventilés. Ils peuvent en revanche être efficaces au milieu d'une végétation dense où le répulsif n'est pas dilué par les courants d'air. Les substances utilisées sont principalement des insecticides rapides à effet de choc qui agissent à la fois en repoussant et en tuant les insectes, comme par exemple les alléthrines, qui appartiennent au groupe des pyréthrinoïdes. On estime que ces composés sont sans danger pour l'homme si on les utilise convenablement.

Les vaporisateurs d'insecticides exercent leurs effets protecteurs contre les moustiques et autres diptères piqueurs de la manière suivante:

- en les empêchant de pénétrer dans une pièce d'habitation (effet dissuasif);

- en les irritant et en les perturbant une fois entrés en contact avec le produit (effet excito-répulsif) et en les empêchant de piquer;

- en les paralysant ou en les tuant (effet insecticide).

Serpentins anti-moustiques

Ces serpentins (Fig. 1.44) sont parmi les vaporisateurs d'insecticides les plus connus et les plus largement utilisés du fait de leur commodité d'emploi, de leur efficacité (*61-66*) et de leur bas prix. Une fois allumés, ils se consument à vitesse régulière pendant 6 à 8 heures, libérant continuellement l'insecticide dans l'atmosphère.

A l'origine, ils étaient faits d'un mélange de poudre de pyrèthre (voir encadré), d'un matériau de remplissage combustible, par exemple de la sciure de bois, et d'un liant comme l'amidon. Actuellement, on utilise communément certains pyréthrinoïdes de synthèse, notamment des produits à effet de choc, comme les alléthrines, pour confectionner des serpentins. Ils sont plus efficaces et plus faciles à obtenir que le pyrèthre (*61*). Dans certains serpentins utilisés en Chine, on incorpore du DDT, mais

cet insecticide n'est pas efficace lorsqu'il est utilisé de cette manière (*61*). Pour rendre l'odeur de la fumée plus agréable, les serpentins sont quelquefois parfumés. Ils se conservent au moins trois mois s'ils sont empaquetés dans du papier ou du plastique et rangés dans une boîte, à l'abri de la lumière et de l'humidité.

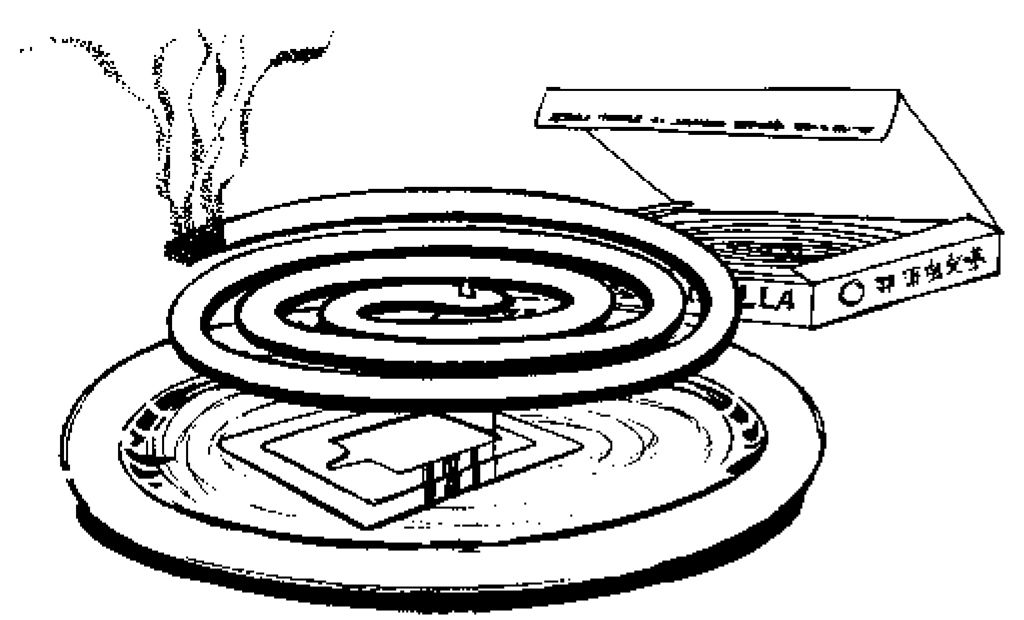
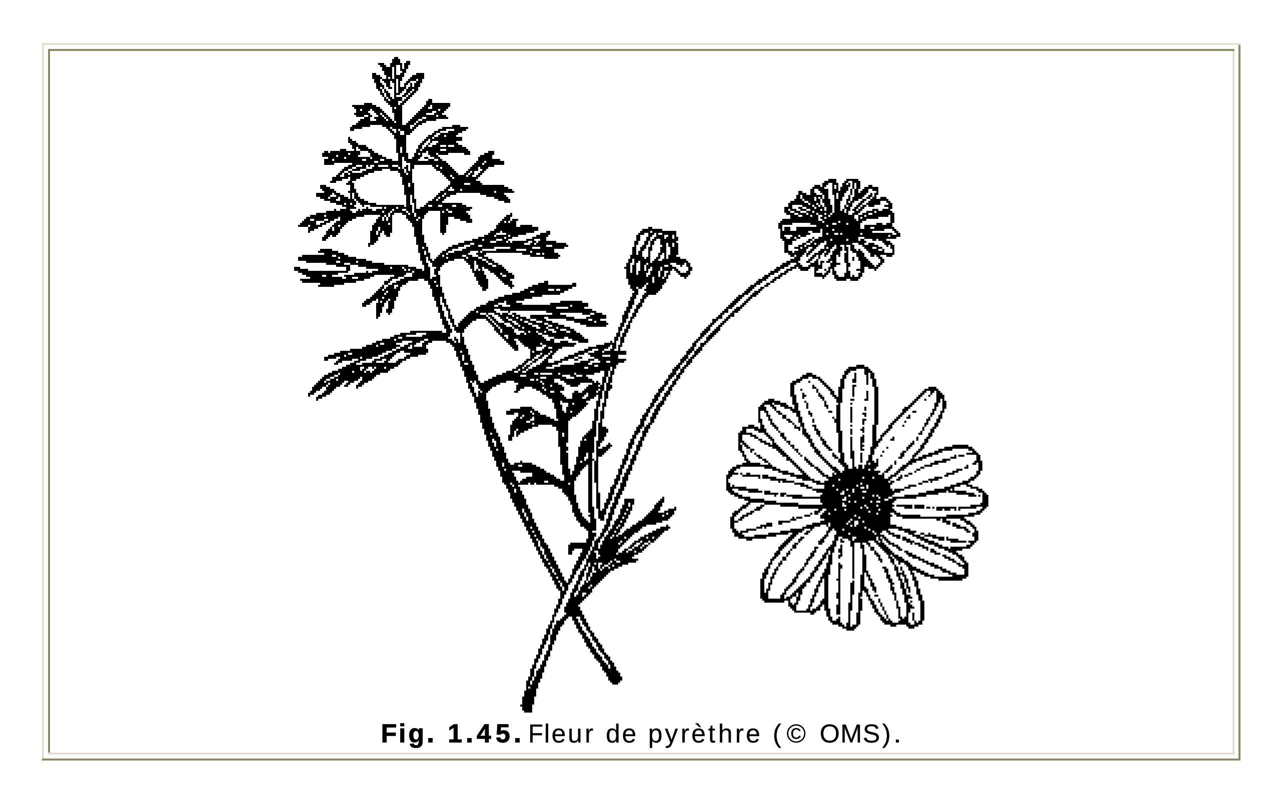


Fig. 1.44. Les serpentins anti-moustiques sont parmi les vaporisateurs les moins chers et les plus utilisés.

Le pyrèthre

Le pyrèthre est une plante (*Chrysanthemum cinariaefolium*) qui contient plusieurs principes actifs (pyréthrines) toxiques pour les insectes. Ces substances, qui peuvent être extraites des fleurs et des tiges séchées au moyen d'un solvant (Fig. 1.45), sont couramment utilisées en aérosols pour abattre rapidement les insectes volants. Pour la confection de bâtonnets et de serpentins anti-moustiques, on utilise soit la fleur elle-même réduite en poudre, soit un extrait. Cependant l'approvisionnement incertain et l'introduction de pyréthrinoïdes de synthèse, plus efficaces, tendent à en faire reculer l'usage.


Fig. 1.45. Fleur de pyrèthre (© OMS).

Comment utiliser le serpentin

Placer le serpentin sur un support approprié et allumer l'extrémité libre. En principe chaque boîte de serpentins contient un support en métal. Ce support permet d'éviter que le serpentin ne soit en contact avec la surface d'un objet. Dans le cas contraire, il pourrait en effet tomber et mettre le feu aux objets environnants. Lorsqu'on désire faire brûler un serpentin à l'intérieur, il faut le placer sur son support et disposer celui-ci sur un socle ininflammable, par exemple sur une soucoupe ou sur une plaque, en veillant à ce que l'ensemble soit le plus bas possible et à proximité immédiate des personnes à protéger.

Allumer le serpentin juste avant que les moustiques commencent à s'activer. Il suffit d'un seul serpentin pour une chambre de volume normal (35 m^3). Dans un endroit confiné comme une tente ou une petite pièce fermées, il y a risque d'irritation oculaire et pulmonaire par la fumée. Dans un endroit plus spacieux, on placera plusieurs serpentins en différents points. Si les pièces sont ventilées ou que les serpentins sont utilisés à l'extérieur, il faut veiller à ce qu'ils soient placés au vent des personnes à protéger.

Allumé dans la soirée, un serpentin peut rester efficace jusqu'en début de matinée. Toutefois, si la pièce est balayée par un fort courant d'air avec une porte ou des fenêtres ouvertes, ou encore que l'on se trouve à l'extérieur avec du vent, la vitesse de combustion du serpentin risque d'être augmentée et l'insecticide d'être dispersé et dilué dans l'atmosphère. Pour une meilleure protection à l'intérieur de l'habitation, il est préférable d'utiliser les serpentins en début de soirée (ou de vaporiser un répulsif sur sa peau ou ses vêtements si on est à l'extérieur) puis d'installer une moustiquaire sur son lit pour le reste de la nuit.

Porte-serpentins

Pour plus de commodité, d'efficacité et de sécurité, on peut utiliser des porte-serpentins qui sont des récipients spécialement destinés à cet usage. L'utilisation de ces dispositifs permet de prolonger la durée de combustion dans une proportion pouvant atteindre 20%. Ils protègent également le serpentin de la pluie et du vent tout en empêchant tout contact avec des objets inflammables. On en trouve plusieurs modèle en Asie (Fig. 1.46). Il est également possible d'en confectionner à l'aide d'une vieille boîte de conserve au bas de laquelle on soude un support. On perce ensuite des trous au sommet et sur les côtés de la boîte.

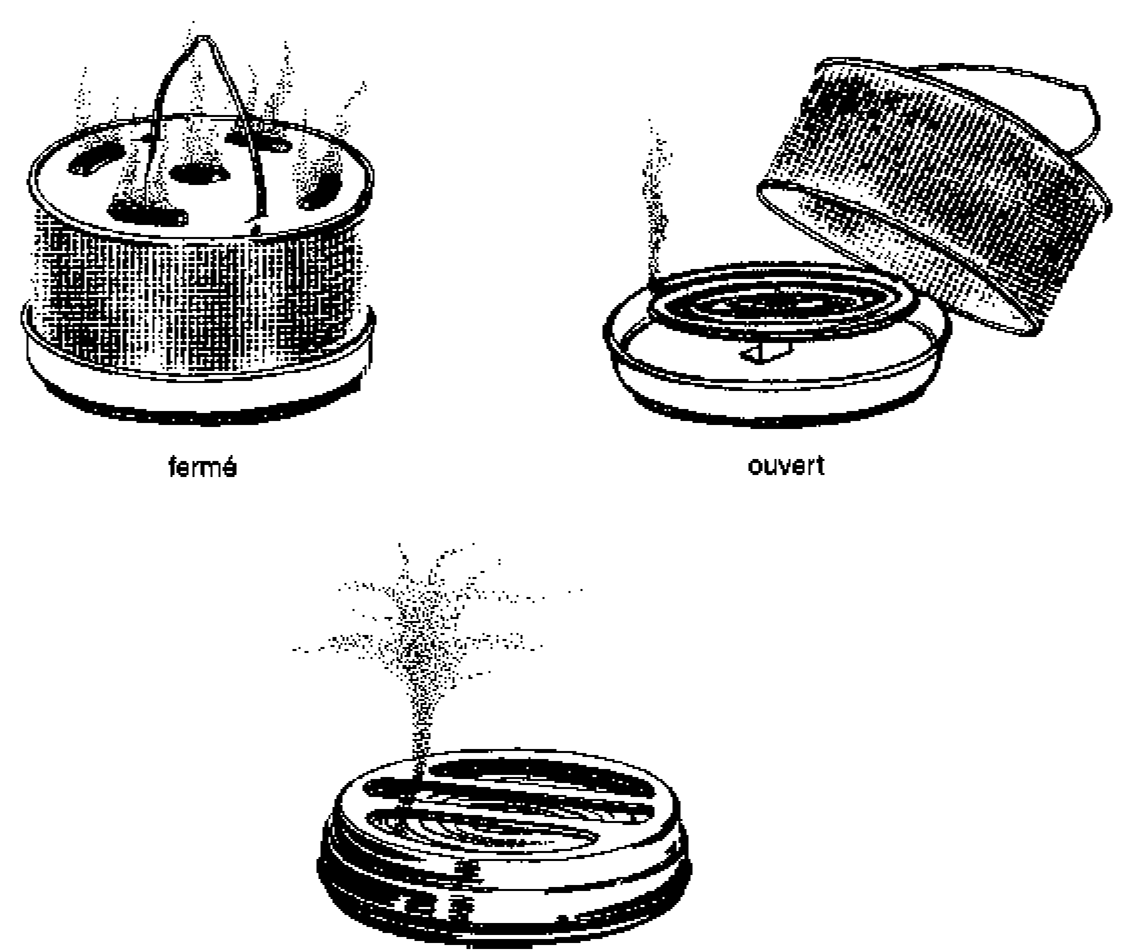


Fig. 1.46. Porte-serpentin du commerce. Ces dispositifs sont couramment utilisés en Asie, surtout dans les lieux surpeuplés. Ils améliorent la commodité, l'efficacité et la sécurité des serpentins.

Porte-serpentin portatif

Les personnes qui travaillent dans des zones de forêt où il y a peu de vent (bûcherons, saigneurs d'arbres à caoutchouc, ouvriers des plantations et mineurs d'or) peuvent se protéger dans une certaine mesure contre les moustiques et les phlébotomes en fixant à leur ceinture un ou deux serpentins placés dans une boîte spécialement conçue à cet effet (Fig. 1.47). Les serpentins sont maintenus en place par deux pièces de métal ou de la gaze de fibre de verre ininflammable. Par rapport aux répulsifs, les porte-serpentins ont l'avantage d'être meilleur marché, de ne pas irriter la peau, même lorsqu'on les porte souvent, et de ne pas être entraînés par la transpiration.

Comment confectionner des serpentins

On peut fabriquer des serpentins à bon compte avec un insecticide et un produit de base inflammable (*67*).

Composition

Poudre de pyrèthre à 1,3%	20-40% (en poids)
Colle soluble dans l'eau (gel d'amidon)	25-30% (en poids)
Charge (farine de noix de coco, sciure, jute)	30-40% (en poids)
Fongicide (acide benzoïque, déshydroacétate de sodium)	0,2-0,5% (en poids)

On peut utiliser des insecticides plus efficaces comme la (+)-alléthrine (0,2-0,3%) ou la (+)-*trans*-alléthrine (0,10-0,15%). Si on utilise l'un de ces deux produits, il faut que la charge soit de 60 à 80%. Pour que leur combustion soit régulière, les serpentins du commerce contiennent souvent du nitrate de potassium. En outre, il faut que les particules de sciure aient la bonne dimension, sinon la combustion se fera mal. Il faut faire quelques essais pour savoir quelle est la bonne sciure. Après avoir bien mélangé les divers ingrédients, ajouter le même poids d'eau jusqu'à obtention d'une pâte uniforme et homogène.

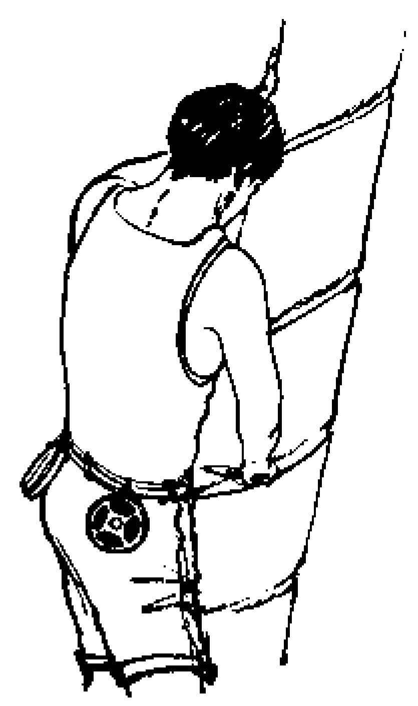


Fig. 1.47. Saigneur d'arbre à caoutchouc muni d'un porte-serpentin spécial fixé à sa ceinture.

Disposer la pâte dans un moule ayant la forme souhaitée et mettre à sécher sur un égouttoir. On peut fabriquer un moule en creusant une pièce de bois pour lui donner la forme désirée. Si l'on désire que la combustion se poursuive pendant de longues heures, la forme en serpentin est préférable. Pour une durée plus courte (3 à 4 h), on peut donner à la pâte la forme d'un bâtonnet fin et allongé.

Mèches répulsives

On a mis au point en Inde un moyen plus économique que les serpentins (*68*); il s'agit de mèches que l'on trempe dans une solution insecticide appropriée. Lorsqu'on les fait brûler, ces cordons dégagent une fumée qui repousse ou tue les moustiques et autres diptères piqueurs. On recommande d'utiliser des fibres de jute, faciles à se procurer en Inde, pour confectionner ces mèches, d'un diamètre de 0,9 cm et d'un poids d'environ 28 g/m. En Inde on a choisit l'esbiothrine comme insecticide, mais d'autres insecticides, comme ceux qui entrent dans la composition des serpentins, peuvent également convenir. Une mèche imprégnée mesurant 1,2 m de longueur brûle pendant 10 à 12 h lorsqu'elle est suspendue au plafond d'une pièce d'habitation. Pour éviter un contact avec des matériaux inflammables, il est préférable que la mèche brûle à l'intérieur d'une grille métallique cylindrique.

Imprégnation

Si on utilise de l'esbiothrine, la dose recommandée est de 1 ml/kg: verser 1 ml d'esbiothrine de qualité technique dans 1,15 litres de kérosène et plonger une mèche de jute de 1 kg dans le mélange jusqu'à saturation. Laisser sécher la mèche à l'ombre et la ranger dans une boîte ou un sac jusqu'à utilisation.

Plaquettes insecticides à vaporiser

Lorqu'on dispose de l'électricité, on peut utiliser de petits réchauds électriques pour vaporiser ces plaquettes insecticides (Fig. 1.48). Cette méthode, très utilisée, a, contrairement aux serpentins, l'avantage de ne pas produire de fumée visible. Les paquettes sont souvent constituées d'un tampon de papier de 35 × 22 × 2 mm imprégné d'insecticide. Elles sont emballées dans des feuilles d'aluminium pour éviter l'évaporation de l'insecticide. Les insecticides utilisés sont généralement des pyréthrinoïdes du groupe de l'alléthrine, par ex. la bioalléthrine, l'esbiothrine ou l'esbiol, qui sont considérés comme inoffensifs pour l'homme et qui réduisent ou repoussent rapidement les moustiques et autres insectes piqueurs (*62, 69*).

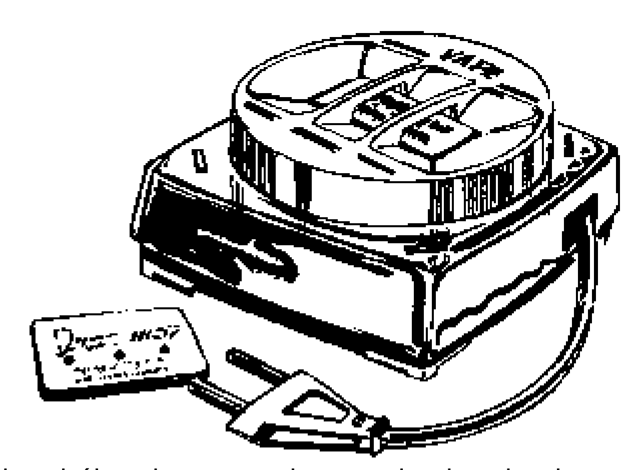


Fig. 1.48. Réchaud électrique pour la vaporisation de plaquettes insecticides.

Les plaquettes contiennent un indicateur coloré qui passe du bleu au blanc à mesure que l'insecticide s'évapore. Dans une pièce d'environ 35 m^3 une plaquette contenant par exemple 40 mg de (+)-alléthrine ou 20 mg de (+)-*trans*-alléthrine, durera au

moins 8 à 10 h. Toutefois, vers la fin de cette période, la quantité d'insecticide libérée sera moindre. Si la pièce est plus vaste, il faut utiliser plusieurs plaquettes ou des plaquettes contenant davantage d'insecticide.

Les vaporisateurs électriques vendus avec les plaquettes sont de plusieurs types. Ce sont des sortes de réchauds munis d'une résistance chauffante de forme plate (5 à 6 watts) montée dans un boîtier ventilé en matière plastique. Certains modèles se branchent directement sur le secteur au moyen d'une prise. La température atteint 160°C entre la résistance chauffante et la plaquette et 125°C sur la face supérieure de cette dernière. Il faut que la température de la plaquette soit d'environ 145 °C pour que l'insecticide se vaporise. Certains modèles ne permettent pas d'atteindre cette température et ne vaporisent donc pas suffisamment l'insecticide. Un vaporisateur atteint sa température de fonctionnement au bout d'une demi-heure environ.

Vaporisateurs électriques à liquide

Il s'agit d'une amélioration technique du système précédent. L'insecticide liquide, placé dans un réservoir qui est porté à la température voulue par une résistance chauffante, s'évapore à travers une mèche poreuse (Fig. 1.49). L'insecticide liquide peut durer jusqu'à 45 séances de 8 à 10 h chacune. De nombreux modèles sont munis d'un interrupteur et d'une lampe-témoin.

Ce dispositif est plus commode et plus efficace que le vaporisateur de plaquettes car il assure un débit régulier d'insecticide. Il reste cependant d'un prix plus élevé.

Diffuseur de dichlorvos

Le dichlorvos est un liquide volatil dont la vapeur est très toxique pour les insectes volants. Il suffit d'imprégner de dichlorvos un matériau absorbant spécial comme le polyuréthane pour que l'insecticide s'évapore lentement sans nécessiter de disposif chauffant. Le diffuseur se pésente habituellement sous la forme d'un morceau de chlorure de polyvinyle ou de toute autre résine appropriée, saturée de dichlorvos liquide, qui est monté à l'intérieur d'un support ajouré en plastique (Fig. 1.50). Certains diffuseurs sont constitués de bandes de 5 × 25 cm ou encore d'une sorte de boîte. Ils sont vendus sous emballage hermétique pour éviter toute évaporation prématurée de l'insecticide.

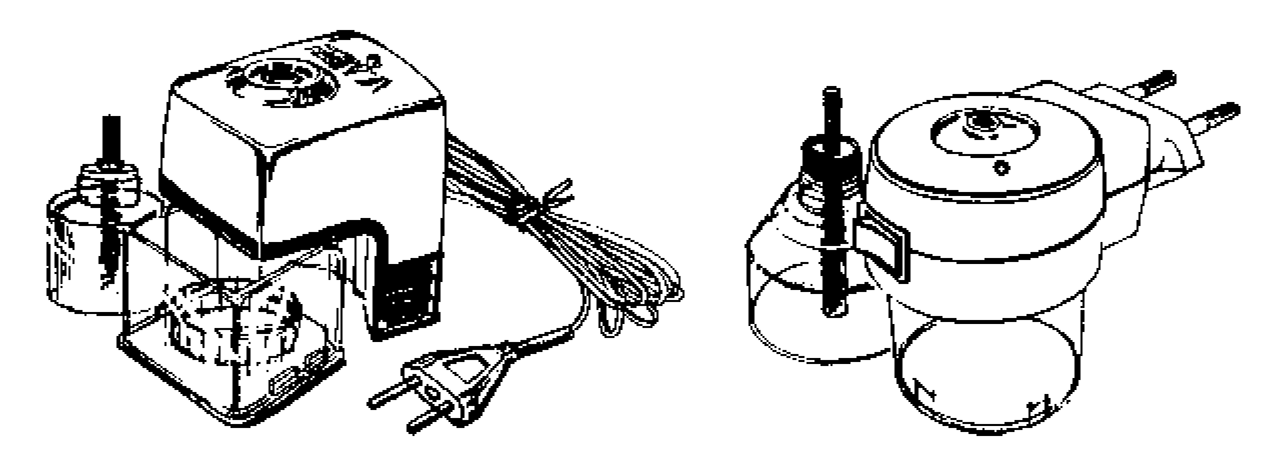


Fig. 1.49. Deux modèles de vaporisateurs électriques à liquide.

Le diffuseur et son support en plastique sont placés à une hauteur de 1 à 2 m au-dessus du sol ou accrochés au plafond. La plupart des modèles contiennent suffisamment de dichlorvos pour traiter une pièce de 15 à 30 m^3 pendant 1 à 2 mois. Cette durée est réduite en présence d'un fort courant d'air.

La méthode a l'avantage d'être d'une efficacité prolongée et de ne pas nécessiter d'électricité, ce qui la rend particulièrement adaptée aux habitations rurales, aux tentes et aux caravanes.

Il faut éviter d'exposer en permanence des enfants en bas âge ou des personnes âgées ou malades à des émanations de dichlorvos dans des pièces mal aérées. On a fait état, chez quelques personnes, de problèmes de santé dus à une exposition permanente à du dichlorvos.

Bombes aérosols

Les récipients sous pression ou bombes aérosols constituent un moyen commode de diffuser des insecticides dans une pièce, sur une moustiquaire, dans un véhicule etc. afin d'abattre rapidement les moustiques et autres insectes volants. Ces récipients contiennent un concentré insecticide en solution dans un solvant organique ou dans l'eau ainsi qu'un gaz propulseur liquéfié ou comprimé. On a beaucoup utilisé le pyrèthre dans de nombreuses bombes aérosols de diverses marques, mais aujourd'hui, les principes actifs utilisés sont principalement des pyréthrinoïdes de synthèse et, dans une moindre mesure des carbamates, (propoxur et bendiocarbe) ou encore un organophosphoré, le dichlorvos. Le mélange peut contenir un insecticide à effet de choc qui agit rapidement, un agent à action plus lente qui tue véritablement l'insecte et un synergisant - en général, du butoxyde de pipéronyle - qui accroît l'activité des produits précédents. En raison des réserves exprimées un peu partout dans le monde à propos de l'usage des chlorofluorocarbures, produits qui attaquent la couche d'ozone, la plupart des marques utilisent désormais d'autres gaz propulseurs.

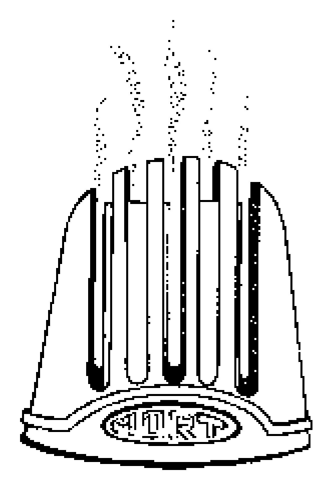


Fig. 1.50. Un diffuseur de dichlorvos libère continuellement l'insecticide pendant 1 à 3 mois sans nécessiter d'électricité.

Pour faire fonctionner ce dispositif, il suffit d'exercer une brève pression sur la valve-poussoir qui se trouve à l'extrémité supérieure du récipient. L'aérosol peut être dirigé contre des insectes volants ou rampants ou encore dispersé dans le volume d'une pièce (Fig. 1.51). Une fois traitée, la pièce doit rester fermée pendant environ 15

minutes pour détruire le maximum d'insectes. Pour traiter les endroits où des cafards, des puces, des poux ou des punaises peuvent se dissimuler ou se reproduire, on pourra s'approcher à une distance d'environ 20 cm.

Les pulvérisations spatiales n'ont qu'un très court effet rémanent: une fois que l'aérosol s'est déposé, les insectes peuvent revenir impunément sur les lieux. En outre, les principes actifs (en général, de la (+)-alléthrine ou de la (+)-*trans*-alléthrine) sont rapidement décomposés par la lumière. Toutefois, ces insecticides à brève durée de vie ont l'avantage de ne laisser aucun résidu toxique sur les lits, le mobilier ou autres surfaces.

Pour un maximum d'efficacité de l'aérosol, il est préférable que les ouvertures de la pièce traitée soient grillagées. On peut répéter le traitement tous les jours ou même plusieurs fois par jour.

Une bombe aérosol est un récipient sous pression et ne doit donc pas être exposée directement au soleil ni à une température supérieure à 50 °C. La plupart des aérosols contiennent du propane ou du butane très inflammables et ne doivent donc pas être dirigés sur une flamme ou des matériaux incandescents, par exemple une cigarette allumée.

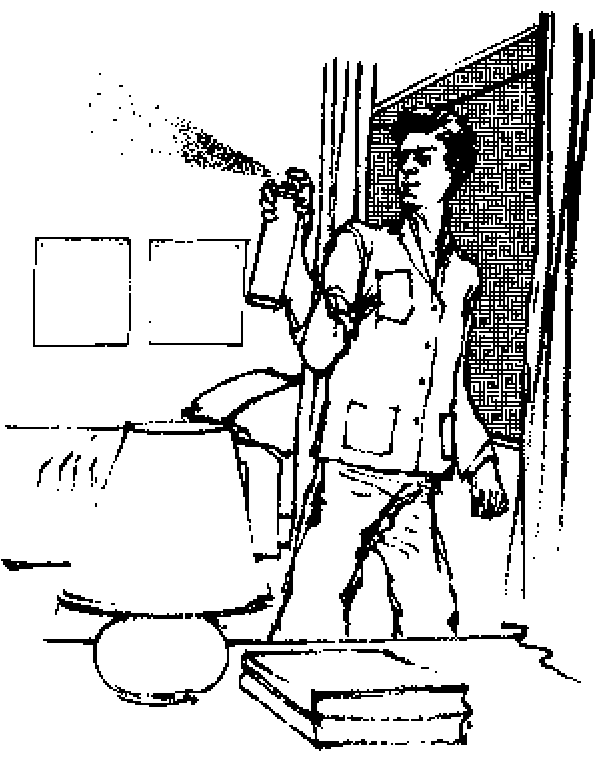


Fig. 1.51. On utilise des aérosols contenant des insecticides à action rapide pour détruire immédiatement les insectes volants ou rampants.

Aérosols à base aqueuse

On a récemment mis au point des aérosols à base aqueuse qui, semble-t-il, ont sur les aérosols à base huileuse, les avantages suivants: ils ne laissent ni tache ni résidu

huileux sur les surfaces traitées, ne produisent pas d'odeur désagréable ni d'effet irritant et sont ininflammables. Toutefois, les gouttelettes des aérosols à base huileuse sont généralement plus fines et plus efficaces. En outre, il faut agiter vigoureusement le récipient avant usage.

Pulvérisateurs à main

Avant l'invention des bombes aérosols jetables, on utilisait couramment des pulvérisateurs à main. Ces pulvérisateurs sont munis d'un réservoir qu'on peut remplir d'une solution de pyrèthre ou d'un autre insecticide (Fig. 1.52). Ils reviennent moins cher à utiliser que les bombes aérosols. Toutefois ces dernières produisent des aérosols dont les gouttelettes sont plus fines, qui restent plus longtemps dans l'air et qui sont en général plus efficaces. Actuellement les pulvérisateurs à main sont surtout utilisés contre les insectes rampants.

Des pulvérisateurs à main et leur liquide de remplissage sont encore en vente dans certains pays. Ce liquide peut avoir par exemple la composition suivante: un mélange à parts égales de kérosène et d'alcool auquel on ajoute une petite quantité d'un ou de deux insecticides à action rapide et un parfum.

Exemple de mélange insecticide courant:

Bioalléthrine	0,1%
Perméthrine	0,5%
White spirit (ou alcool pur)	49,7%
Kérosène	49,7%

On peut utiliser de nombreux autres mélanges insecticides, notamment du dichlorvos et du propoxur.

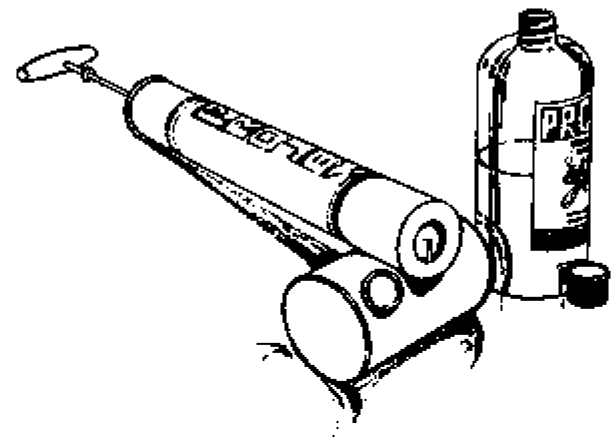


Fig. 1.52. Dans un pulvérisateur à main, l'aérosol est dispersé au moyen d'une pompe.

Vibreurs électroniques

Il existe des dispositifs électroniques à piles produisant des vibrations de fréquence

élevée, que l'on vend un peu partout pour éloigner les moustiques. Certain fabriquants prétendent que ces appareils simulent le son émis par les moustiques mâles et que celui-ci exerce un effet répulsif sur les femelles accouplées. D'autres affirment que les vibrations imitent celles qui sont émises par les libellules et provoquent donc la fuite des moustiques. En fait, un certain nombre d'études scientifiques indépendantes menées dans divers pays ont montré de façon convaincante que ces appareils ne protègent nullement contre les moustiques piqueurs (*70, 71*). Un essai effectué par des fabricants et qui avait apparemment donné un résultat positif, s'est révélé être de conception erronée. Au Royaume-Uni, un certain nombre de fabricants ont été condamnés à des amendes pour publicité mensongère.

Mesures de protection pour les hamacs

Le hamac est un moyen de couchage utilisé dans de nombreuses régions du monde. On l'utilise souvent dans les zones de jungle, car il offre, par rapport aux couchages traditionnels, les avantages suivants:

- il est difficilement accessible aux insectes rampants, scorpions, serpents et autres petits animaux;

- il assure une bonne aération et convient aux climats chauds;

- sans contact avec le sol humide, il permet au dormeur de rester au sec;

- léger et facile à plier, il est d'un transport commode.

Il ne protège toutefois pas son occupant contre les insectes volants. Les moustiques se posent et piquent souvent sous le hamac, à l'endroit où le corps s'appuie (Fig. 1.53). La nuit, on peut se protéger à l'aide d'une moustiquaire, mais pendant la journée elle est d'un usage malcommode, ne serait-ce que parce qu'elle réduit la visibilité et l'aération.

Suggestions pour se protéger en l'absence de moustiquaire

• Traiter le dessous du hamac avec un répulsif volatil comme le deet à la dose d'environ 20 g/m^2. Le répulsif ne reste actif que pendant quelques jours et les moustiques peuvent aussi attaquer par le haut.

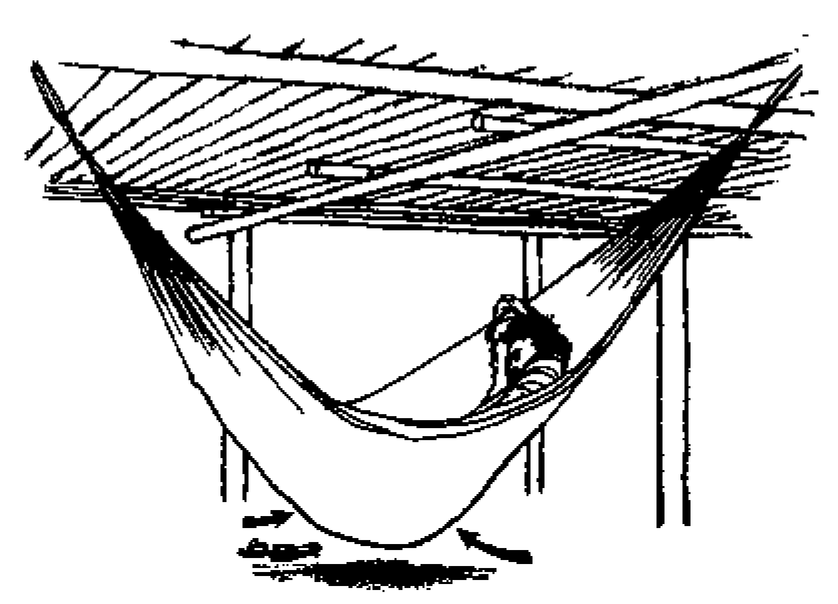


Fig. 1.53. Les moustiques attaquent souvent l'occupant d'un hamac par dessous, à l'endroit où le corps prend appui.

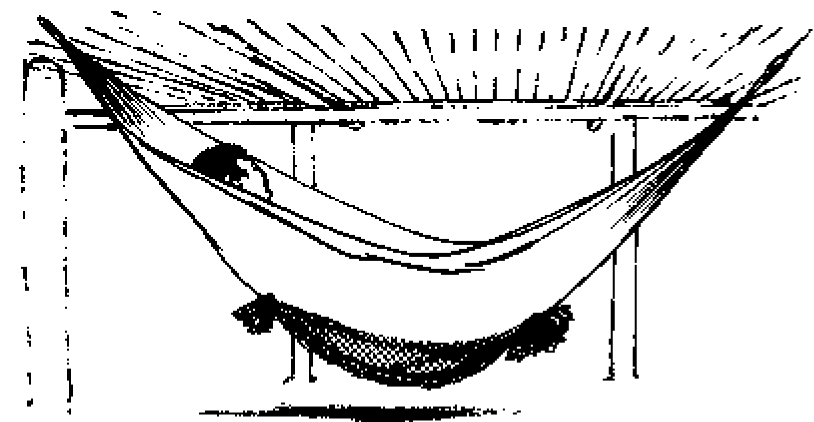


Fig. 1.54. Un morceau de toile, de tulle ou de gaze imprégné d'insecticide ou de répulsif, que l'on fixe sommairement sous le hamac, peut apporter une certaine protection contre les moustiques piqueurs.

• Allumer un serpentin anti-moustique à proximité du hamac. On peut le placer sans risque sous ce dernier si le serpentin est à l'intérieur d'un porte-serpentin.

• On peut se protéger pendant une durée assez longue en traitant le dessous ou la totalité du hamac avec une éponge imprégnée d'un pyréthrinoïde à action rapide. Les moustiques seront tués ou mis hors d'état de nuire dès qu'ils entreront en contact avec la partie traitée du hamac. En raison de l'épaisseur du hamac, il faut une dose relativement forte d'insecticide (1,5 g de perméthrine par m^2).

• Il existe une méthode plus économique, qui demande beaucoup moins d'insecticide et qui est tout aussi efficace. Elle consiste à fixer sur le dessous du hamac, une pièce de toile, de tulle ou de gaze imprégnée (Fig. 1.54). Ce morceau de tissu peut être sommairement fixé à l'aide d'épingles ou par quelques points. Il faut toutefois qu'il soit tout contre le hamac de manière que les moustiques aient plus de chances de s'y poser et d'être tués. On veillera tout de même à ce que le tissu ne soit pas directement en

contact avec le hamac, sauf au niveau des épingles ou des points, car sans cela, les moustiques auraient le temps de piquer avant d'être tués. L'intérêt d'utiliser un morceau de tissu détachable, c'est que cela facilite l'imprégnation. En outre, on peut l'enlever lorsqu'on veut laver le hamac et le ranger à l'abri de l'air si on ne l'utilise pas.

Moustiquaires

On utilise des moustiquaires (Fig. 1.55) depuis fort longtemps pour se protéger contre les insectes hématophages pendant la nuit. Elles assurent également une protection contre d'autres animaux comme les araignées, les blattes, les coléoptères, les lézards, les serpents et les rats. Lorsqu'elles sont coupées dans un tissu opaque suffisamment épais, elles protègent également du froid et de la poussière, tout en assurant l'intimité de l'occupant.

Les moustiquaires sont généralement confectionnées avec une gaze ou un tulle dont les mailles ont 1,2 à 1,5 mm de côté, ce qui est suffisant pour empêcher la pénétration des moustiques. Les très petits insectes, comme par exemple les phlébotomes ou les cératopogonides, peuvent cependant passer à travers les mailles. Seul un tissu opaque, par ex. un jersey à très fines mailles (moins de 0,2 mm), une gaze ou un tulle imprégnés peuvent assurer une protection suffisante dans ce cas. Sous les climats chauds, ces tissus à fines mailles ont le sérieux inconvénient de ne pas procurer une bonne aération. Plus les mailles sont larges, plus l'aération est efficace, mais si elles dépassent 2 mm, elles ne pourront pas empêcher la pénétration des moustiques.

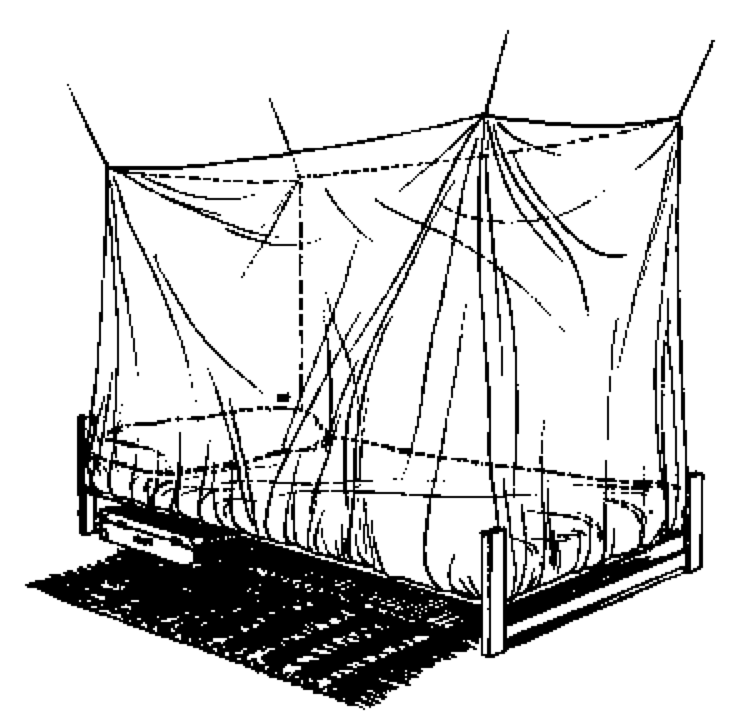


Fig. 1.55. Moustiquaire rectangulaire.

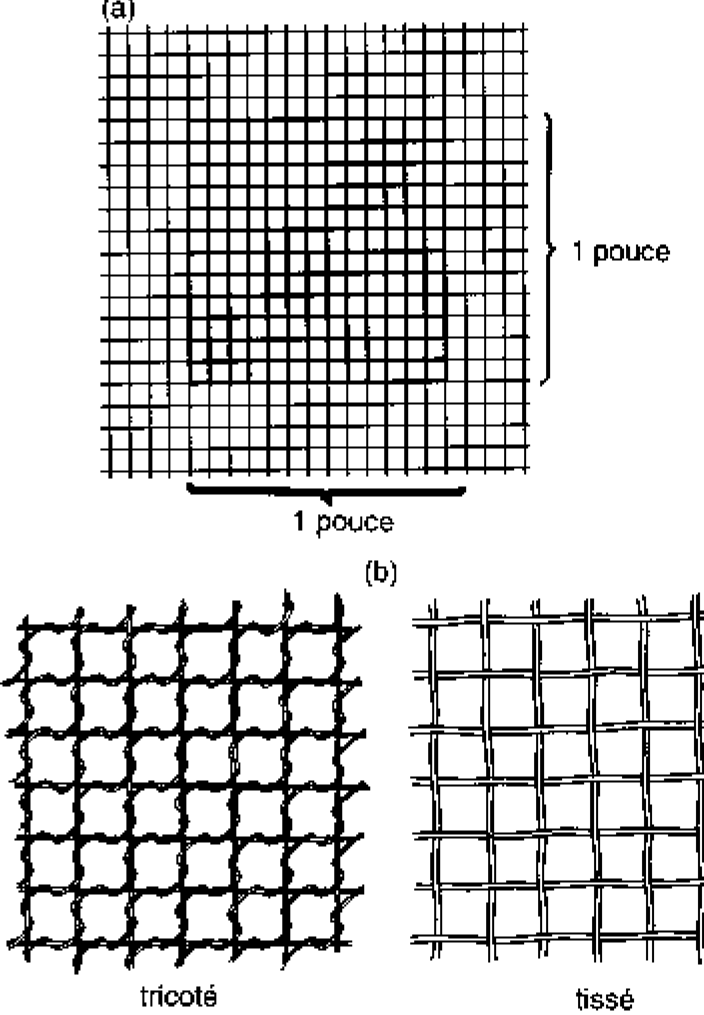


Fig. 1.56. a) Le maillage d'une moustiquaire est habituellement indiqué en nombre de trous par pouce carré. La moustiquaire représentée sur la figure a un maillage de 156 (12 × 13) (taille réelle). b) Vue grossie d'un fragment de moustiquaire tissée et de moustiquaire tricotée.

Tissus pour moustiquaires

Traditionnellement on a toujours utilisé le lin, le raphia (fibre tirée de la feuille de palmier) et le chanvre, mais ces matériaux sont désormais supplantés par le coton et les fibres synthétiques (nylon, polyester et polyéthylène). La qualité d'une moustiquaire dépend de l'épaisseur et de la résistance des fils, mais aussi du procédé de fabrication. Les fils peuvent en effet être tissés ou tricotés (Fig. 1.56). Les moustiquaires tissées ont un inconvénient, à savoir que les fils peuvent glisser les uns sur les autres, ce qui entraîne la formation de trous assez larges pour laisser passer les moustiques. Il semble toutefois que les moustiquaires tissées avec des fils de polyéthylène, plus rigides, ne présentent pas ce problème.

Les moustiquaires en tissu synthétique sont généralement meilleur marché et ont moins de chances de pourrir que les moustiquaires de coton. Les moustiquaires bon marché en coton, nylon ou polyester contiennent souvent de l'amidon qui leur donne

une meilleure tenue et les rend plus agréables à l'œil. Il faut cependant se souvenir que l'amidon se dissout au lavage.

Quelques définitions pour caractériser une gaze ou un tulle à moustiquaire
Maille: c'est le nombre de trous par pouce carré. Par exemple une maille de 156 a 12 × 13 trous par pouce carré.
Dimension de la maille: taille des trous d'une gaze à moustiquaire. Elle dépend du nombre de trous par pouce carré (maille) et de l'épaisseur des fils avec lesquels la moustiquaire est confectionnée. La dimension recommandée pour la plupart des pays tropicaux va de 1,2 à 1,5 mm.
Denier: caractérise le poids (et par conséquent la résistance du fil). Par définition, 1 denier représente le poids en grammes de 9000 m de fil. Les moustiquaires sont généralement confectionnées avec du fil de 40 à 100 deniers, mais un fil de 40 deniers se rompt facilement, aussi recommande-t-on plutôt des fils de 70 deniers.
Résistance: il s'agit de la résistance des fils à la rupture, exprimée en gramme par denier. Par exemple, si un mètre de fil de 40 deniers se rompt sous une charge de 160 g, sa résistance est de 4 g par denier.
Fibre mono/multifilament: les fils d'une moustiquaire sont formés d'une ou de plusieurs fibres. Les fibres de nylon ou de polyester sont des fibres multifilament (composées de nombreux filaments), alors que les fibres de polyéthylène sont des fibres monofilament.
Ourlet de renfort: les moustiquaires comportent souvent un ourlet en forte toile de coton ou de jersey synthétique. Cet ourlet protège la moustiquaire contre l'usure qui se produit lorsqu'on la borde chaque jour sous le matelas. Si cet ourlet est suffisamment large (30 cm), il protégera également le dormeur contre les piqûres des insectes qui pourraient se trouver à la partie inférieure de la moustiquaire.
Plafond: fin tissu de jersey ou autre matériau opaque que l'on dispose en général par dessus la moutiquaire pour empêcher la poussière de tomber sur l'occupant du couchage.
Couleur: les moustiquaires sont en général de couleur blanche, mais il en existe aussi dans d'autres couleurs. La couleur blanche permet de repérer plus facilement les moustiques qui ont réussi à passer à travers les mailles. Toutefois on peut préférer un tissu plus sombre et par conséquent moins salissant.

Les différents modèles de moustiquaires

Les moustiquaires sont fabriquées en différentes tailles et modèles. La moustiquaire doit recouvrir entièrement le dormeur et donner suffisamment d'aisance pour lui permettre d'éviter les contacts avec le tissu. Il faut également qu'elle soit assez longue pour que l'on puisse border le lit en l'engageant sous le matelas ou ce qui en tient lieu. Il existe divers modèles adaptés à différentes situations. Ils sont plus ou moins commodes pour un usage quotidien et leur prix varie dans d'importantes proportions.

Le mode de suspension est également un élément important à prendre en considération.

Moustiquaire rectangulaire

C'est le modèle le plus pratique et qui a le plus de succès. On l'utilise en général au-dessus d'un lit ou d'un sac de couchage. Elle se suspend à quatre brides ou plus disposées aux coins supérieurs du lit. Elle peut comporter une entrée formée de deux rideaux qui se recouvrent sur environ 60 cm, ce qui permet d'entrer et de sortir sans avoir à tirer sur la partie de la moustiquaire engagée sous le matelas (Fig. 1.57). Il faut veiller à ce que les deux rideaux se recouvrent bien pour éviter la pénétration des moustiques.

Les dimensions sont variables: la plupart des moustiquaires ont une hauteur d'environ 150 cm et une longueur de 180 à 190 cm. Les moustiquaires pour lit à une place ont 70 à 80 cm de large et utilisent environ 9 m^2 de gaze. Pour un couchage plus large, on peut utiliser une moustiquaire pour lit à deux places de 10 à 11 m^2 (100-110 cm de largeur) ou même de 12 à 13 m^2 (130 à 140 cm de large). Il existe des moustiquaires de très grande taille pour les lits de grandes dimensions ou les couchages posés à même le sol pour toute une famille. Ces moustiquaires couvrent une surface de 14 à 15 m^2 et ont 180 à 190 cm de large. La dimension optimale dépend des habitudes du ou des dormeurs et de l'espace disponible.

De très grandes moustiquaires peuvent être utilisées par des groupes de personnes (comme en Mauritanie) qui ont l'habitude de passer la soirée ensemble. Elles sont disposées sous des abris sans parois qui donnent de l'ombre pendant la journée.

Supports spéciaux pour moustiquaires rectangulaires

Supports intérieurs. Lorsqu'on a l'habitude de refaire le lit pour s'y asseoir pendant la journée, il faut pouvoir accrocher la moustiquaire à des barres amovibles ou à des supports spéciaux fixés au plafond ou au mur (Fig. 1.58 et 1.59).

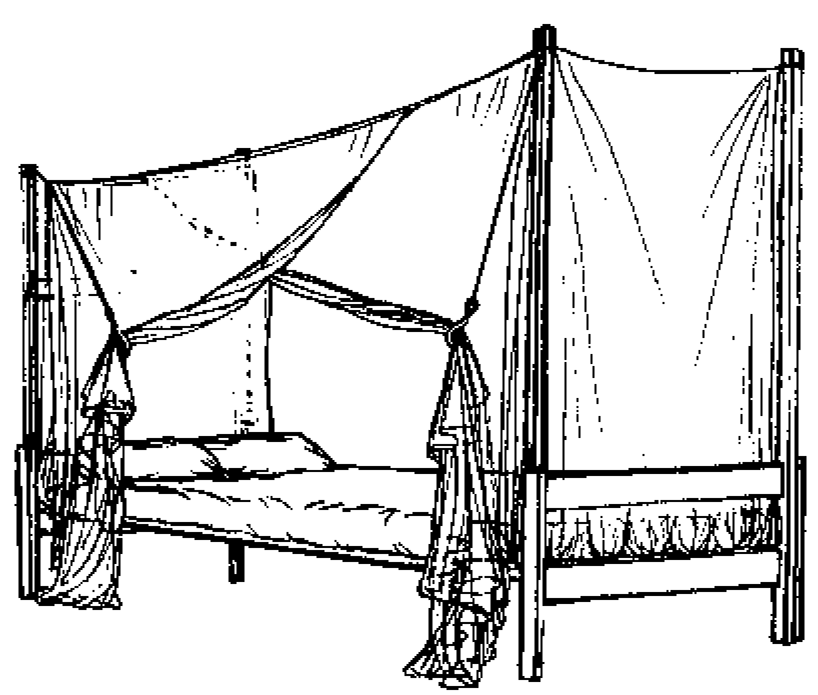


Fig. 1.57. Moustiquaire rectangulaire avec entrée à rideaux chevauchants.

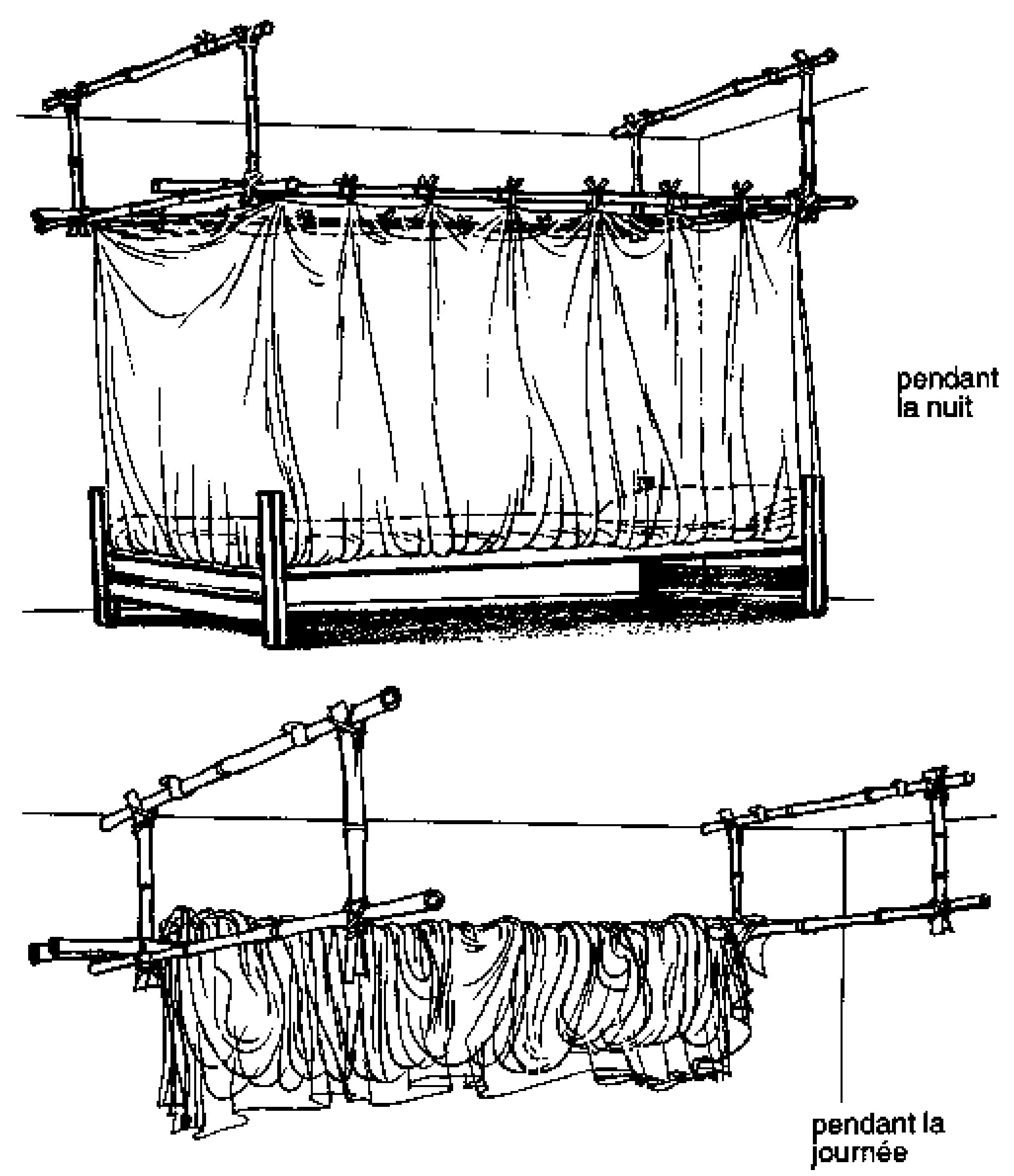


Fig. 1.58. Support pour moustiquaire rectangulaire permettant de remonter rapidement et facilement la moustiquaire au plafond pendant la journée. Les éléments sont en bambou, bois ou plastique.

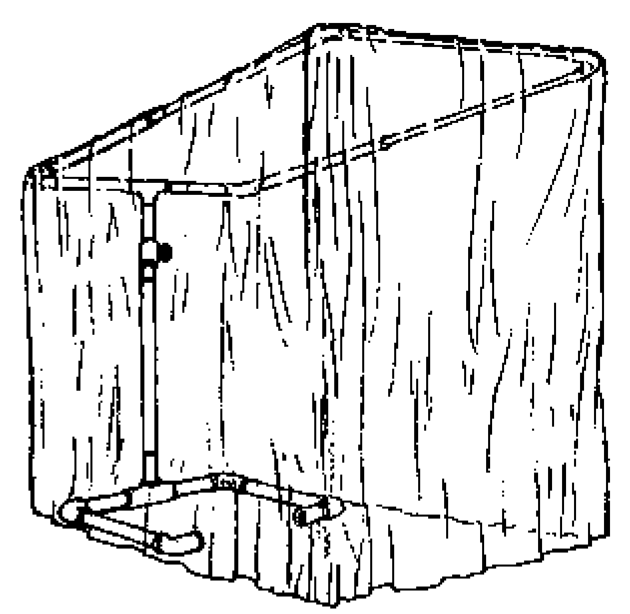


Fig. 1.59. Support pour moustiquaire rectangulaire utilisable à l'intérieur ou à l'extérieur (adapté de *72*).

Fig. 1.60. On peut fixer aux pieds du lit des perches de bois flexibles disposées en

croix qu'il est facile ensuite d'enlever en même temps que la moustiquaire pendant la journée.

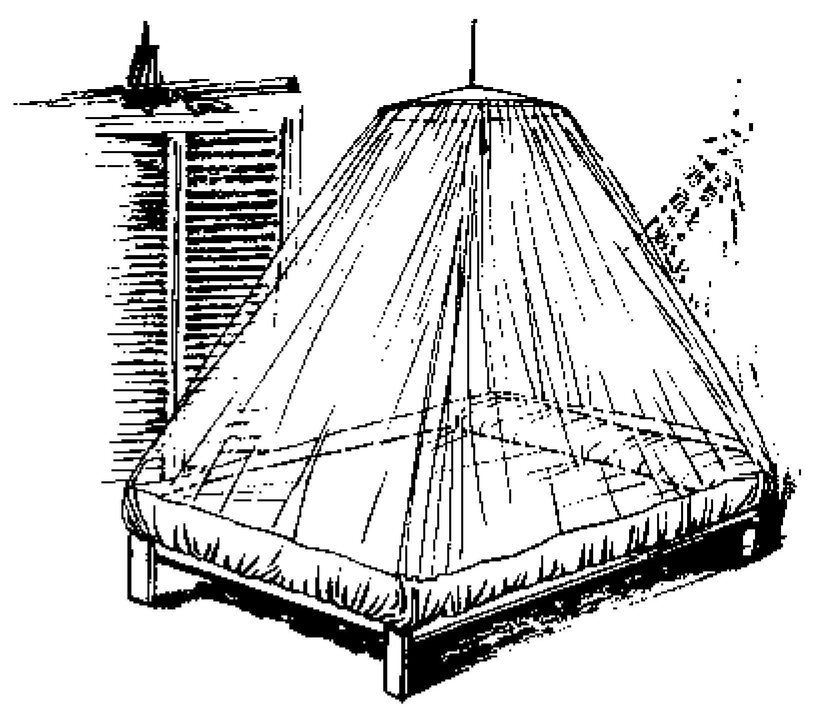


Fig. 1.61. Moustiquaire circulaire à un seul support.

Supports extérieurs. Dans les régions où on a l'habitude de dormir dehors pendant la saison chaude, le meilleur système consiste à placer la moustiquaire sur une sorte de cadre que l'on peut ensuite enlever facilement du lit (Fig. 1.60) (*72*).

Moustiquaire circulaire

On donne parfois la préférence aux moustiquaires de forme circulaire ou conique car on peut les suspendre en un seul point (Fig. 1.61). Elles s'accrochent par le sommet à une bride elle-même fixée à un cerceau gainé en rotin ou en plastique. En général, elles sont prévues pour un couchage à deux places. Comparativement à une moustiquaire rectangulaire, ce type de moustiquaire exige des occupants qu'ils fassent davantage attention à ne pas venir au contact du tissu pour éviter de se faire piquer par les moustiques.

Moustiquaire en forme de coin

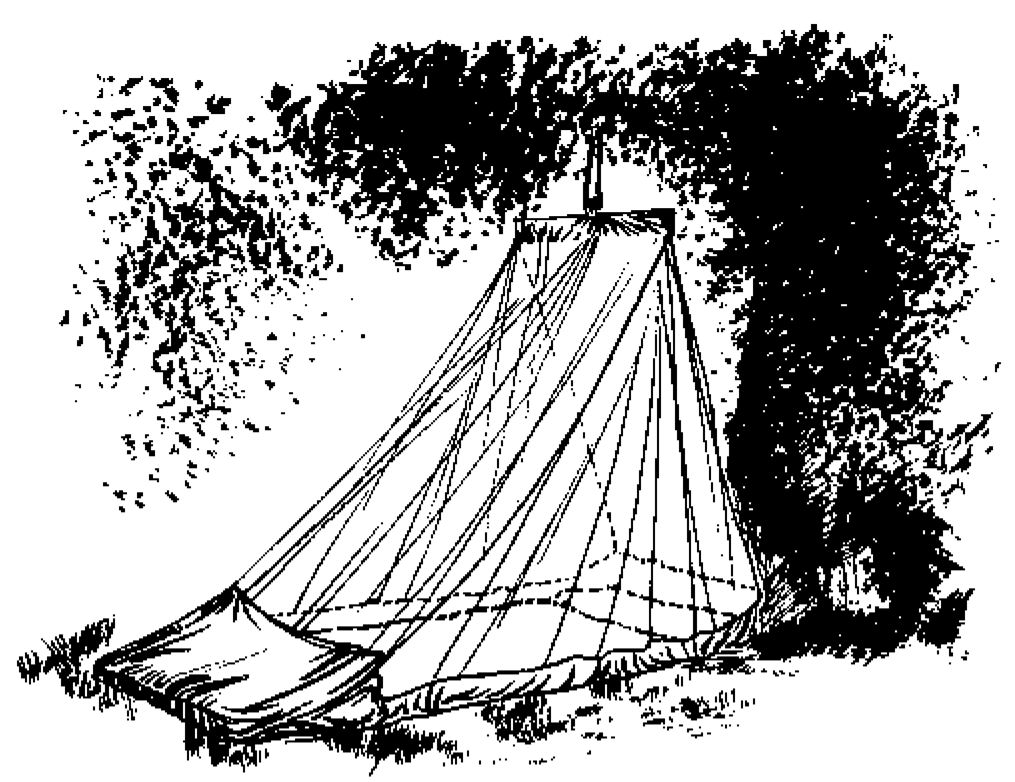


Fig. 1.62. Moustiquaire en forme de coin

Ces moustiquaires n'existent qu'en une seule dimension. Elles sont beaucoup moins chères que les modèles rectangulaires car elle nécessitent environ la moitié moins de tissu. Le sommet de la moustiquaire est suspendu par une bride accrochée à un barreau de bois gainé. On peut ainsi la fixer par le haut à n'importe quel endroit convenable situé au dessus de la tête de lit ou du couchage. Le fond, constitué d'un matériau épais qui empêche les moustiques de venir piquer les pieds du dormeur, doit être fermement engagé sous le matelas ou fixé de toute autre manière (Fig. 1.62). Peu encombrante une fois pliée et ne nécessitant qu'un seul et unique point de fixation, cette moustiquaire convient parfaitement aux voyageurs et aux campeurs.

Moustiquaires autoportantes

Ces moustiquaires n'existent qu'en petite dimension. On les vend en général pour protéger les denrées alimentaires contre les mouches ainsi que pour abriter les nourrissons et les enfants en bas âge (Fig. 1.63).

Comme elles sont autoportantes, elles sont faciles à installer à l'extérieur ou à l'intérieur.

Lit de camp avec capote de protection

On a conçu, à l'usage des personnes qui travaillent dans les forêts ombrophiles (par ex. les chercheurs d'or de la forêt amazonienne), un lit de camp pliant doté d'une capote autoportante. La capote, qui peut être désolidarisée du lit, est faite d'une feuille de polyéthylène imperméable munie d'orifices d'aération protégés par de la gaze. Elle comporte également un panneau d'entrée protégé par un tulle et qui se ferme à l'aide

d'une fermeture à glissière (Fig. 1.64). Ce couchage est plus confortable qu'un hamac doté d'une moustiquaire mais il est aussi plus coûteux et plus encombrant.

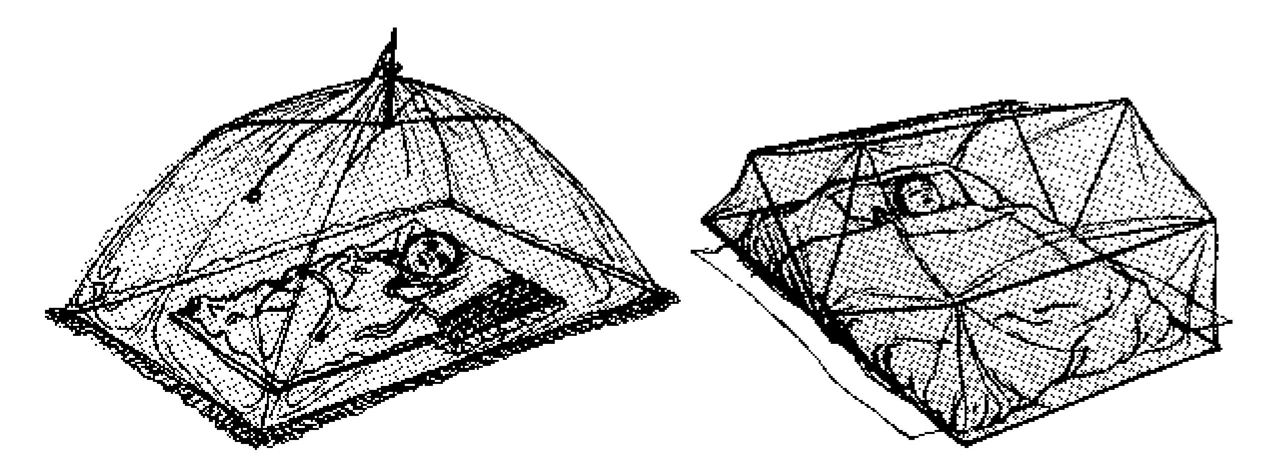


Fig. 1.63. Deux modèles de moustiquaires autoportantes utilisées pour la protection des nourrissons et des enfants en bas âge. Le modèle de gauche en «ombrelle» repliable, existe dans le commerce. Celui de droite, également repliable, est fait de morceaux de fil de fer en U; il est facile à fabriquer.

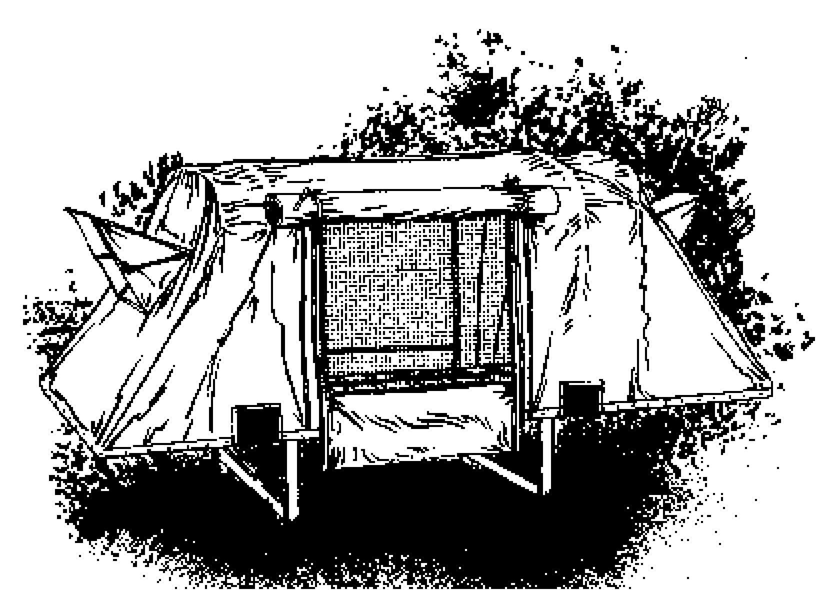


Fig. 1.64. Lit de camp à capote autoportante qui protège contre la pluie et les insectes.

Moustiquaires pour hamacs

Il existe des moutiquaires spécialement adaptées aux hamacs; elles sont analogues aux modèles rectangulaires mais elles comportent des manchons à chaque extrémité pour les cordes du hamac. Dans certaines régions, on les confectionne avec de la toile de coton opaque, ce qui assure une certaine intimité, protège du froid et donne de la robustesse à l'ensemble. Pour empêcher les moustiques de passer, on peut laisser pendre la moustiquaire jusqu'au sol.

Si le sol est sale et qu'il faille empêcher les petits animaux de grimper le long de la moustiquaire, on peut la fermer en tirant un des côtés sous le hamac avec des ficelles et en engageant l'autre côté dedans. Il faut serrer les manchons autour des cordes à l'aide de ficelles. La moustiquaire est suspendue en quatre points, comme l'indique la figure 1.65 ou bien en deux points seulement si le toit comporte deux barreaux de bois horizontaux destinés à maintenir l'écartement des côtés de plus grande longueur. Dans ce dernier cas, la moustiquaire est suspendue par une seule corde nouée aux deux extrémités des cordes du hamac.

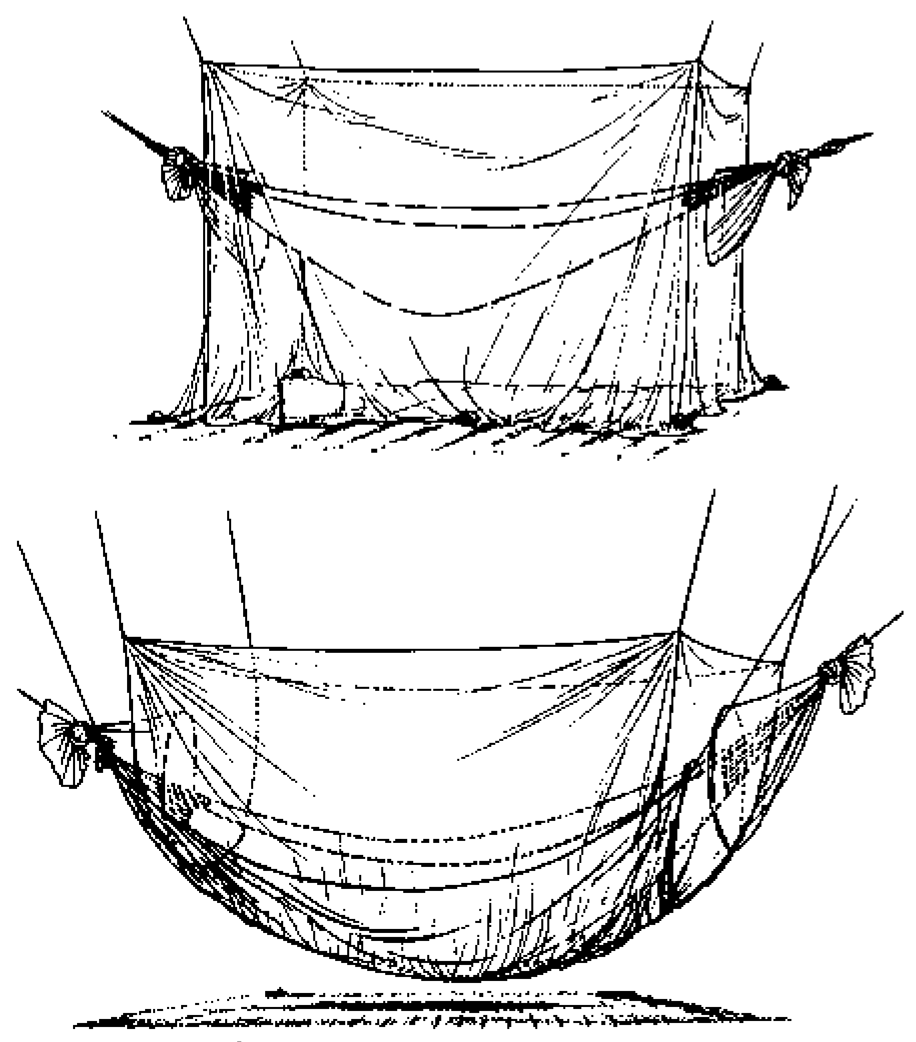


Fig. 1.65. Moutiquaire pour hamac.

Malheureusement, la moustiquaire est souvent serrée contre le hamac, d'où le risque de contact direct entre le tissu et le corps du dormeur ou le dessous du hamac, et par conséquent la possibilité, pour les moustiques de piquer l'occupant. Pour éviter cet inconvénient, il faut utiliser une moustiquaire de plus grande dimension.

Il existe un modèle spécial pour les militaires et les explorateurs qui s'aventurent dans la jungle. Dans ce modèle, le tulle est fixé sur les côtés du hamac. Aux deux extrémités, le hamac est prolongé par des pièces de bois. Il est protégé par un toit imperméable. L'entrée consiste en un panneau pourvu d'une fermeture à glissière. Pour empêcher les moustiques de venir piquer par dessous, le hamac est fait d'un

matériau impénétrable qui isole également du froid. Toutefois, sous des climats chauds, ce système retient la sueur, ce qui le rend inconfortable.

Instructions pour l'utilisation des moustiquaires

Si des trous viennent à se former dans une moustiquaire, il faut la repriser le plus rapidement possible. Il est important d'utiliser une moustiquaire suffisamment grande pour couvrir la totalité du lit ou du couchage, et de manière qu'il n'y ait pas de contact entre le corps de l'occupant et le tulle, sans quoi les moustiques pourraient venir piquer à travers les mailles.

Les habitants de certaines régions, en particulier les enfants, ont l'habitude de partager la même moustiquaire. Ce surpeuplement peut amener certains occupants à laisser sortir des parties de leur corps au cours de la nuit (Fig. 1.66). Pour éviter cela, on peut utiliser une moustiquaire plus grande ou une moustiquaire supplémentaire. On peut aussi imprégner le tulle d'un insecticide ou d'un répulsif afin d'éloigner ou de tuer les moustiques avant qu'ils n'aient le temps de venir se gorger sur les parties du corps non protégées.

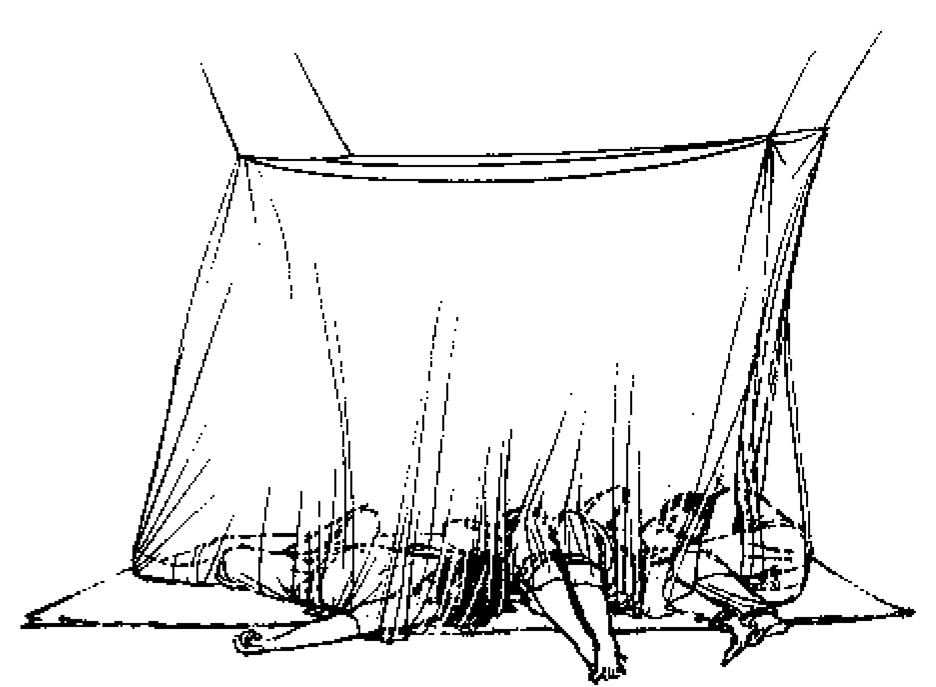


Fig. 1.66. Une moustiquaire ne permet pas une bonne protection si les occupants sont trop nombreux.

Pour fermer une moustiquaire, on peut:

- border en l'engageant sous le matelas ou ce qui en tient lieu;

- en faire retomber les pans tout autour du couchage jusqu'au contact du sol; une bordure de tissu lourd permet un bon contact, mais on peut également lester les pans de la moustiquaire au niveau de la bordure ou encore introduire des poids dans la gaine de l'ourlet pour le maintenir.

Il faut abaisser la moustiquaire avant la tombée de la nuit. Avant de se coucher, on pourra tuer à coups de tapette les moustiques qui auraient pu pénétrer sous la moustiquaire ou encore pulvériser un insecticide.

Sol fissuré non couvert

Il arrive que des moustiques pénètrent par dessous la moustiquaire. Cela se produit souvent dans les habitations de torchis à plancher de bambou ou dans lesquelles les lits ont un matelas en corde. On peut protéger les matelas contre les insectes en les bordant soigneusement avec les pans de la moustiquaire. Toutefois si le matelas est trop mince, les moustiques seront capables de piquer à travers. On peut y remédier en pulvérisant sur le couchage un insecticide à action rapide, qui aura en outre l'avantage d'éliminer les punaises. Pour une protection permanente, on peut envisager de placer une surface impénétrable sous le matelas ou le couchage. Une pièce de forte toile ou une feuille de plastique peuvent parfaitement convenir pour cela.

Comment se procurer une moustiquaire

Il existe une grande variété de modèles, de dimensions et de qualités. On peut aussi en confectionner soi-même avec une pièce de tulle ou de gaze, ce qui permet de l'adapter à ses préférences personnelles. On peut confectionner des moustiquaires en tissu opaque à partir de pièces de tissu destinées aux fabriques de vêtements. Il est facile, également, de confectionner des moustiquaires avec du tulle à rideaux. N'importe quelle forte toile peut-être utilisée pour la bordure, le plafond et les brides de suspension. Les coutures de fixation des brides doivent être renforcées. En ajoutant une bordure au bas d'une moustiquaire bon marché de production industrielle, on peut en améliorer l'efficacité et en prolonger l'usage.

Quelques problèmes rencontrés avec les moustiquaires

Une moustiquaire n'assurera pas une protection suffisante si elle n'est pas utilisée correctement ou si elle présente des trous qu'on a négligé de raccommoder. En outre, si le dormeur entre en contact avec la moustiquaire pendant son sommeil, il peut être piqué par des moustiques à travers le tissu. En outre des moustiques affamés peuvent demeurer dans la pièce et venir piquer l'occupant du lit lorsqu'il sort de la moustiquaire. Ils peuvent également aller piquer d'autres personnes qui dorment dans la même pièce sans protection (Fig. 1.67).

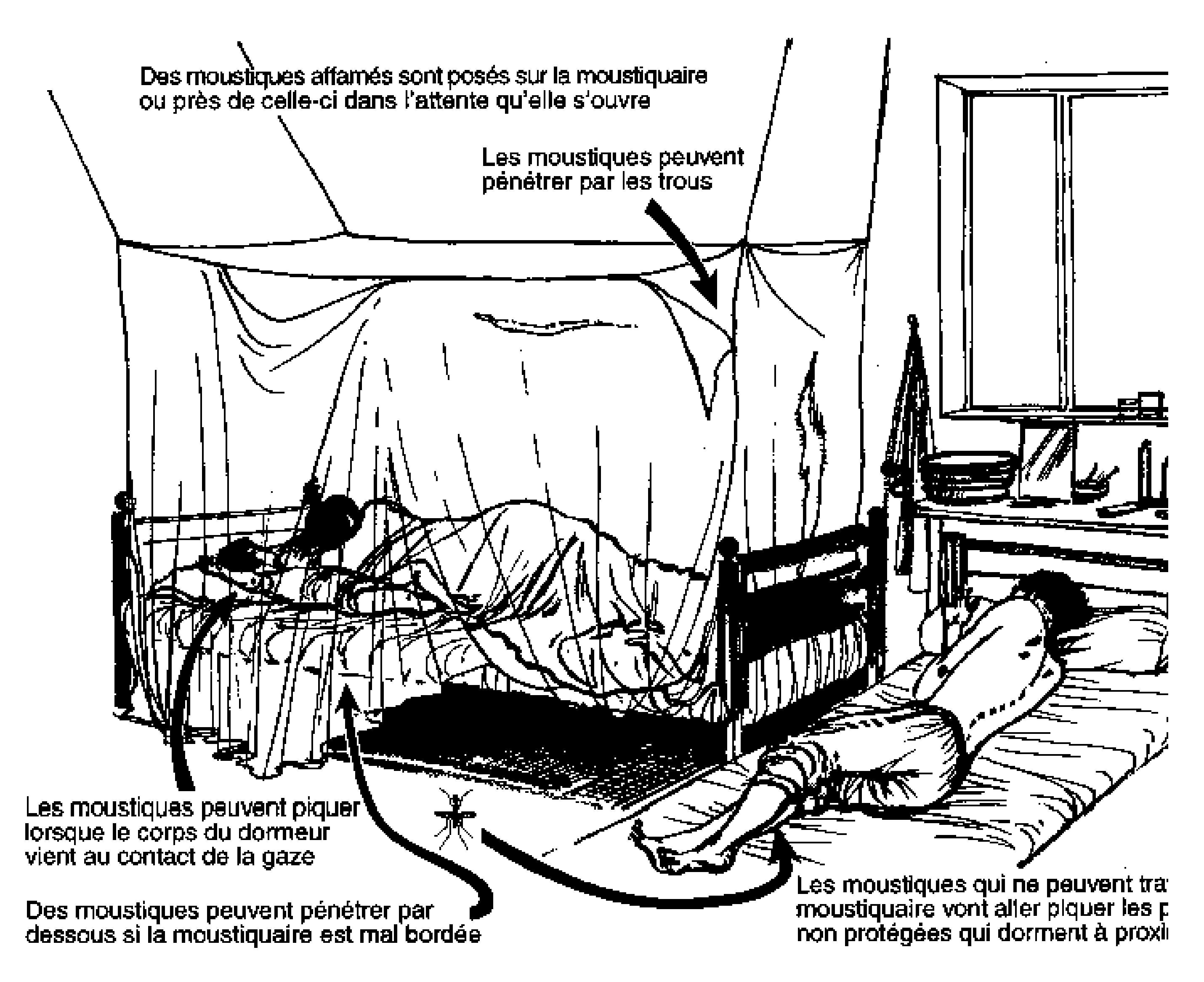


Fig. 1.67. Les inconvénients d'un modèle standard de moustiquaire (non traitée).

Protection individuelle ou communautaire à l'aide de moustiquaires non traitées

Si un petit groupe de personnes d'une communauté utilise des moustiquaires, il en tirera probablement un avantage en ce sens que les moustiques pourront facilement trouver sur place d'autres hôtes pour se nourrir, qu'il s'agisse de personnes non protégées ou d'animaux domestiques. En revanche, si tous les habitants utilisent des moustiquaires et qu'il n'y a pas d'animaux domestiques suffisamment attractifs, les moustiques affamés vont probablement rester sur place jusqu'à 1) ce qu'ils trouvent un trou dans une moustiquaire 2) qu'ils parviennent à piquer à travers le tulle 3) ce que les occupants des lits sortent de leur moustiquaire. En pareil cas, l'utilisation de moustiquaire risque de ne pas entraîner un recul du paludisme dans la communauté (*73, 74*). Par contre, ces moustiques peuvent facilement trouver à se nourrir s'il y a des animaux domestiques à proximité (*75*). Là où la transmission est peu ou modérément intense, ce sera peut-être suffisant pour faire reculer le paludisme parmi les membres de la communauté.

Moustiquaires traitées par un insecticide

Les problèmes évoqués plus haut au sujet des moustiquaires classiques peuvent être résolus en les imprégnant d'un pyréthrinoïde à action rapide (*74, 76-78*) qui irrite ou tue les moustiques qui entrent en contact avec lui, ce qui les empêche donc de se frayer un passage par les trous du tulle (Fig. 1.68). Même trouée, une moustiquaire imprégnée sera aussi efficace qu'une moustiquaire non imprégnée en bon état, dans la mesure toutefois où les trous ne sont pas trop grands (*79-81*). L'imprégnation prolonge donc la durée d'utilisation de la moustiquaire. Un moustique qui se pose sur une moustiquaire imprégnée et qui essaie de piquer une partie du corps en contact avec le tulle, a de grandes chances d'être tué (*44*). Si toutefois il survit, son contact avec l'insecticide provoque une perturbation comportementale telle que le moustique n'y reviendra sans doute pas (*79, 80, 82, 83*). Une personne qui sommeille sans moustiquaire à côté d'une autre personne qui est installée sous une moustiquaire traitée, sera quelque peu protégée contre les piqûres (*79*). Lorsqu'on sort d'une moustiquaire traitée au cours de la nuit ou le matin, on a également moins de chances d'être piqué.

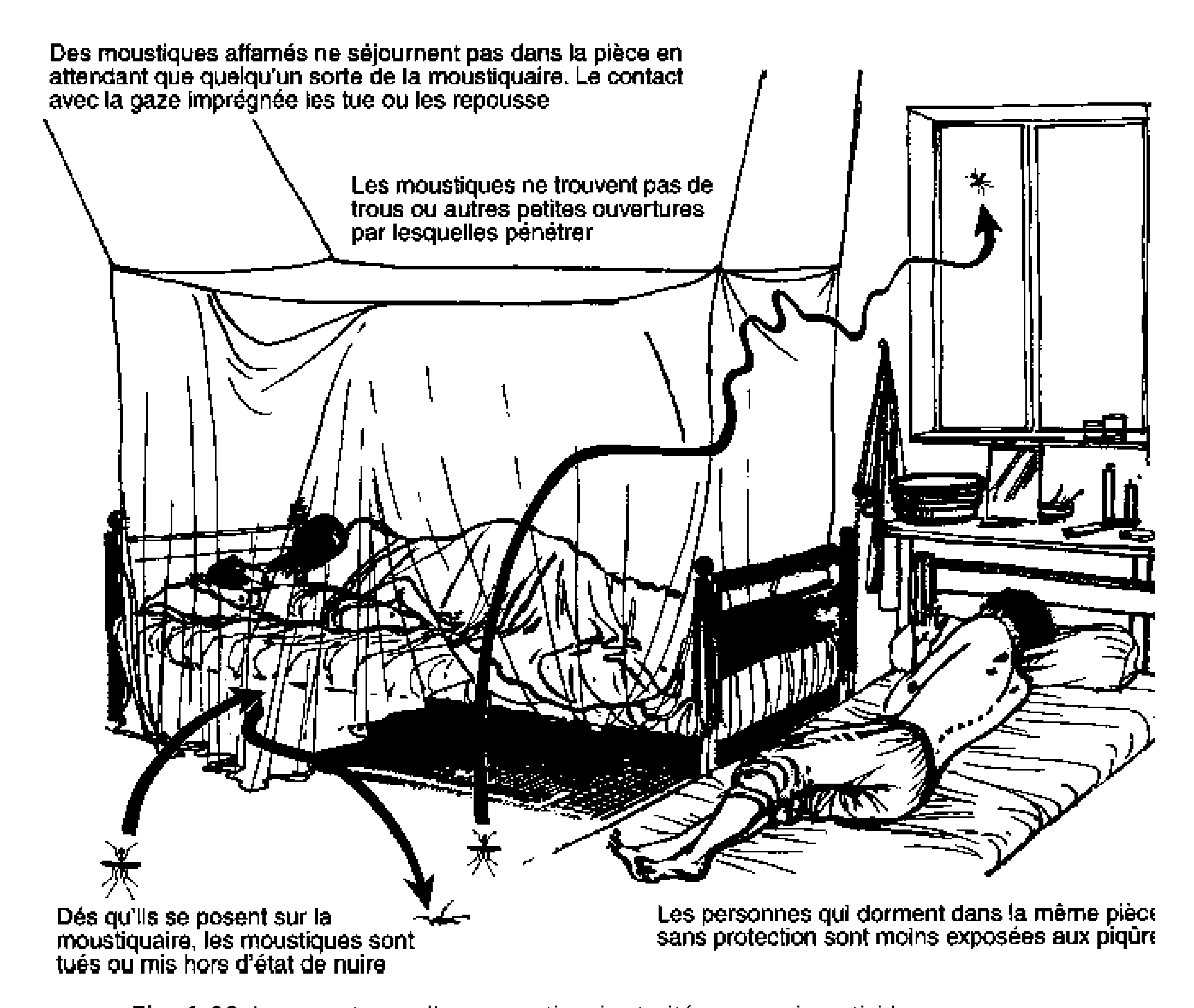


Fig. 1.68. Les avantages d'une moustiquaire traitée par un insecticide.

On peut utiliser les moustiquaires imprégnées comme pièges avec appât humain en installant une personne à l'intérieur pour attirer les moustiques et autres insectes piqueurs.

Tous ces facteurs soulignent l'importance particulière d'une utilisation généralisée des moustiquaires traitées pour lutter contre le paludisme. Pour peu que cette pratique se généralise effectivement dans une communauté, de nombreux anophèles seront détruits et il est probable que bien peu survivront assez longtemps pour transmettre l'infection.

Les personnes qui sortent de leur moustiquaire en début de nuit ou avant l'aube, de même que ceux qui n'utilisent pas du tout de moustiquaire, bénéficient ainsi d'une certaine protection contre le risque de contracter l'infection (*84-88*).

On peut également utiliser des moustiquaires imprégnées pour protéger contre le paludisme et d'autres maladies transmises par des insectes, les groupes vulnérables d'une collectivité: femmes enceintes, enfants, personnes âgées, malades. Les enfants en bas âge, que l'on couche de bonne heure, seront ceux qui bénéficieront le plus de ce genre de protection (*89*).

L'emploi de moustiquaires imprégnées peut entraîner la disparition ou du moins la raréfaction d'autres arthropodes nuisibles tels que les punaises de lit, les poux, les tiques de la volaille et les mouches domestiques (*90, 91*). Il est probable que ces moustiquaires sont également efficaces contre les puces et les triatomes.

Quelles moustiquaires peut-on traiter?

On peut traiter tous les types de moustiquaires, y compris les vieilles moustiquaires trouées et les moustiquaires en fibres naturelles ou synthétiques. Toutefois, les fibres multifilament retiennent mieux l'insecticide que les fibres monofilament. En effet, les particules d'insecticide s'éliminent facilement des fibres monofilament par abrasion ou lavage. Pour plus de détails sur les insecticides à utiliser et la marche à suivre pour imprégner une moustiquaire, voir à la p. 94.

Lutte antipaludique communautaire au moyen de moustiquaires traitées

L'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide permet de faire reculer le nombre des infections palustres dans des villages où la transmission est faible à modérée, par exemple en Chine et en Gambie (*88, 92*). Dans ceux où la transmission est intense (paludisme holoendémique), on a constaté que les moustiquaires imprégnées n'avaient guère d'influence sur le nombre des infections. Il n'en demeure pas moins que le nombre de piqûres infectantes par des moustiques porteurs de plasmodies a diminué de 90 à 95% et que les villageois ont mieux résisté à la maladie en acquérant une meilleure immunité (*76, 85, 93-96*).

Autres matériaux susceptibles d'être traités

D'autres matériaux, comme le tulle à large maille et les rideaux de lit en fibres monobrin peu serrées, sont susceptibles, une fois traités, d'empêcher la pénétration des insectes.

Moustiquaires à larges mailles

Les moustiquaires traitées dont les mailles sont de dimension inférieure à l'envergure d'un insecte volant vont contraindre celui-ci à se poser avant d'essayer de passer au travers, s'exposant ainsi, au contact avec le tulle, à être repoussé ou tué (*97-102*). Les moustiquaires traitées dont les mailles ont une dimension d'environ 4 mm protègent contre la plupart des espèces de moustiques (*81*), des mailles de 2 mm étant probablement à même de protéger contre les cératopogonides et les phlébotomes (*103*). Ce genre de moustiquaire permet une bonne aération sous les climats chauds.

Parmi les avantages des moustiquaires à larges mailles (*74*), on peut citer:

- Une meilleure ventilation sous les climats chauds et humides;
- Un moindre coût, malgré la nécessité d'utiliser des fibres plus résistantes;

• Un poids et un volume réduit une fois pliées, ce qui en facilite la distribution et l'utilisation par les voyageurs et les nomades.

Elles ont en revanche les inconvénients suivants:

• Aucune efficacité contre les insectes une fois que l'insecticide s'est éventé, d'où la nécessité de réimprégner la moustiquaire le plus rapidement possible;

• Se déchirent plus facilement que les moustiquaires classiques;

• N'existent pas dans le commerce et doivent par conséquent être confectionnées avec du tissu à rideaux ou du tulle à larges mailles.

Rideaux de lit

Dans les régions où les moustiquaires sont trop coûteuses, on peut les remplacer par des rideaux en fibres d'origine locale (Fig. 1.69) ou par des cordes suspendues tout autour du lit. Pour qu'ils puissent assurer une protection contre les insectes volants, ces rideaux ouverts doivent être imprégnés d'insecticide. Il n'est pas nécessaire d'installer un dais, étant donné que les moustiques ne volent généralement pas très haut. Ces rideaux assurent une bonne protection, sans être toutefois aussi efficaces que les moustiquaires traitées.

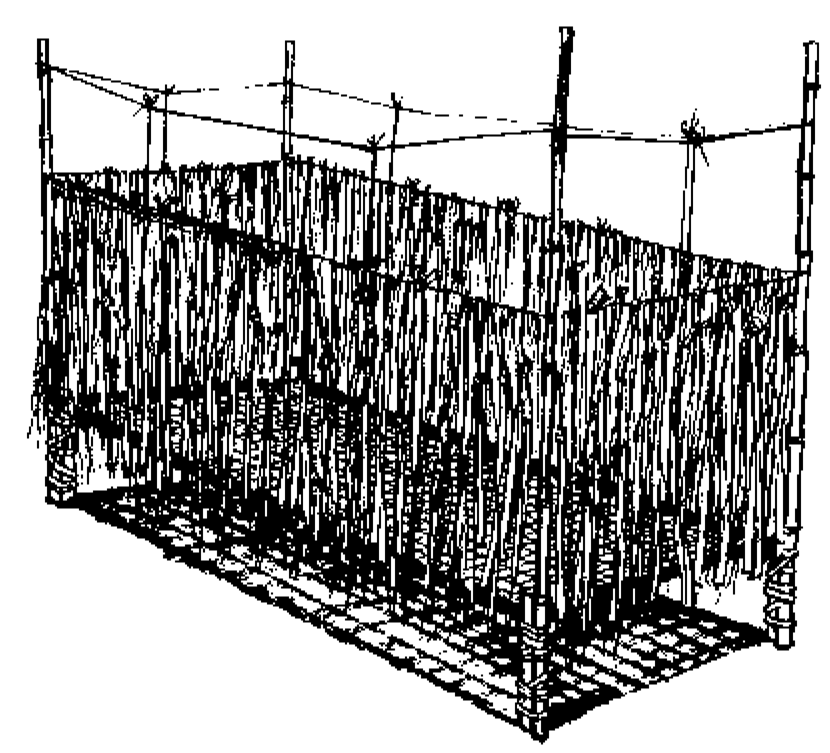


Fig. 1.69. On peut remplacer à peu de frais une moustiquaire par des rideaux de lit confectionnés à l'aide de fibres d'origine locale traitées par un insecticide.

On peut les confectionner avec des fibres provenant de sacs en polypropylène ou en jute. Si l'on utilise ce genre de sacs, il faut les éventrer et les effilocher pour distendre

les fibres. Il ne faut pas utiliser de matériaux inflammables, comme le sisal, par exemple.

Imprégnation d'un tissu à l'aide d'un insecticide

Il est facile d'imprégner un tissu à l'aide d'un insecticide. Il suffit de préparer une émulsion de cet insecticide dans l'eau, puis d'y tremper le tissu et de le laisser ensuite sécher. Lorsque le tissu est sec, l'insecticide reste fixé aux fibres.

Les insecticides

Nombre d'insecticides bien connus, comme le DDT par exemple, ne conviennent pas à l'imprégnation des tissus car ils agissent trop lentement et de ce fait, les insectes ont le temps de s'échapper avant d'avoir absorbé une dose mortelle. En outre, de nombreux insectes sont désormais résistants à divers insecticides. Les pyréthrinoïdes de synthèse ne présentent pas ces inconvénients. Ils agissent très rapidement et sont très toxiques pour les insectes. Par ailleurs, on estime qu'en général, ils sont sans danger pour l'Homme aux doses recommandées. De plus, ils sont relativement sans danger pour l'environnement car ils se décomposent rapidement dans le sol.

Les pyréthrinoïdes existent sous la forme de solutions généralement désignées sous le nom de concentrés pour émulsion. Mélangés à l'eau, ces concentrés donnent naissance à un liquide laiteux. Les formulations du type huile-dans-l'eau sont spécialement destinées au traitement des tissus; elles permettent une bonne adhérence de l'insecticide aux fibres et ne dégagent pas d'odeur désagréable pendant le traitement. Les pyréthrinoïdes existent aussi sous la forme de poudres mouillables ou de concentrés pour suspension, mais ces formulations conviennent moins bien au traitement des textiles car elles adhèrent mal aux fibres. Leur efficacité en est écourtée et les particules d'insecticide qui se détachent peuvent irriter la peau. Il existe un certain nombre de pyréthrinoïdes photostables, mais seules la perméthrine, la cyfluthrine, la deltaméthrine et la lambdacyhalothrine ont fait l'objet de tests d'efficacité et d'innocuité pour le traitement des moustiquaires. On a également vérifié l'efficacité et l'innocuité de la perméthrine et de la fluméthrine pour le traitement des vêtements.

Pyréthrinoïdes pour le traitement des tissus

Tous les pyréthrinoïdes ne conviennent pas au traitement des tissus. Il faut en effet que le produit reste efficace à l'intérieur du tissu pendant au moins plusieurs semaines, qu'il résiste à la lumière solaire et qu'il soit sans danger. Les pyréthrinoïdes de première génération, comme les pyréthrines naturelles (pyrèthre), les alléthrines et la phénothrine, ne conviennent pas car ils se décomposent rapidement lorsqu'ils sont exposés à la lumière du jour. Les pyréthinoïdes de deuxième et de troisième génération sont beaucoup plus stables et conviennent donc bien (*104*).

Perméthrine

La perméthrine est couramment utilisée en agriculture et en santé publique et on peut s'en procurer un peu partout. C'est le produit de choix pour l'imprégnation des moustiquaires et des vêtements. Elle se révèle très efficace pour la lutte contre les

insectes nuisibles et rien d'indiqué qu'elle ait des effets secondaires indésirables.

Deltaméthrine

Très largement disponible, la deltaméthrine est couramment utilisée en agriculture et en santé publique. On en fait un très large usage en Chine pour l'imprégnation des moustiquaires. Son activité est plus de 30 fois supérieure à celle de la perméthrine. Les doses recommandées sont beaucoup plus faibles que celles de la perméthrine mais cet avantage est contrebalancé par un prix unitaire plus élevé. Elle est plus toxique que la perméthrine pour l'Homme et les animaux, mais les formulations contiennent moins de matière active. On s'est plaint des irritations qu'elle peut provoquer au cours de l'imprégnation. Les personnes qui dorment sous une moustiquaire sèche ne se plaignent généralement pas d'effets indésirables, mais cela peut dépendre des fibres dont est faite la moustiquaire et de la formulation utilisée. Des personnes qui dormaient sous des moustiquaires de polyéthylène traitées au moyen d'un concentré pour suspension ont déclaré avoir ressenti une brûlure de la face (C.F. Curtis, observations non publiées, 1990) et cette sensation a également été épouvée par des personnes dormant sous des moustiquaires de coton traitées par une poudre mouillable à base de deltaméthrine (*105*).

Lambdacyhalothrine

De mise au point récente, cet insecticide est de plus en plus utilisé en santé publique et on le trouve désormais un peu partout pour les usages agricoles. Globalement, ses propriétés sont analogues à celles de la deltaméthrine. On a fait état d'effets indésirables du genre irritation nasale chez des personnes qui dormaient sous des moustiquaires fraîchement imprégnées de cet insecticide et cela, même lorsque le tulle était sec. Des études mettant en évidence l'action prolongée de ce produit ont été récemment publiées (*93, 106*) et d'autres essais sont en cours.

Cyfluthrine

Ce produit, très répandu, est utilisé en agriculture et en santé publique. Il est plus toxique pour les insectes que la perméthrine mais moins que la lambdacyhalothrine ou la deltaméthrine. On n'a pas signalé d'effets indésirables, mais les essais effectués jusqu'ici sont très limités (G. Hesse, communication personnelle). Il existe en émulsion spéciale huile-dans-l'eau qui lui confère une meilleure adhérence aux fibres que le concentré émulsionnable et qui ne produit ni odeur ni irritation pendant l'imprégnation.

Autres pyréthrinoïdes

La cyperméthrine, la fluméthrine et l'alphacyperméthrine ont une toxicité qui les situe entre la perméthrine et la deltaméthrine. Cependant, ces insecticides n'ont pas fait l'objet d'essais complets d'efficacité et d'innocuité en vue d'une utilisation pour le traitement des moustiquaires.

Les meilleurs tissus et insecticides pour les moustiquaires traitées

Pour un même effet insecticide, une moustiquaire en coton doit être imprégnée avec 3 à 5 fois plus de perméthrine ou de lambdacyhalothrine qu'une moustiquaire en fibres de nylon (*107, 108*). Cela provient du fait que dans une moustiquaire de coton, une

grande partie du produit se trouve retenue dans les espaces vides intérieurs aux fibres et ne peut donc agir sur les moustiques. Les fibres de nylon n'étant pas évidées, la majeure partie de l'insecticide reste à l'extérieur et peut donc être captée par les pattes des moustiques qui se posent. Toutefois, dans le cas de la deltaméthrine, il semble qu'il n'y ait aucune différence d'efficacité entre le coton et le nylon (*77, 108*).

Avant de fixer son choix sur un produit, il faut vérifier qu'on peut se le procurer localement. Cela établi, le choix ne dépend plus alors que du prix et de considérations d'ordre technique.

Doses recommandées

Les doses unitaires d'insecticide recommandées pour l'imprégnation des tissus sont généralement exprimées en grammes de matière active par m^2 de tissu (g/m^2) ou encore en milligrammes par cm^2 (mg/cm^2) ($1\ g/m^2 = 0{,}1\ mg/cm^2$) Un mètre carré d'un tissu épais absorbe une quantité plus importante d'un même insecticide qu'un mètre carré d'un tissu à mailles lâches. Cependant, tout l'insecticide ne se trouve pas à la surface, une partie du produit ayant pénétré en profondeur. Pour obtenir à la surface d'un tissu épais une toxicité équivalente à celle que produit l'imprégnation d'un tissu fin, il faut augmenter les doses unitaires d'insecticide (Tableau 1.3).

En principe, un insecticide devrait avoir une durée d'efficacité d'autant plus longue que la dose est plus élevée. Toutefois, si l'on procède à des lavages fréquents, il est recommandé de retraiter le tissu avec une dose plus faible après chaque lavage.

Les pyréthrinoïdes les plus actifs devraient être les plus économiques car les doses nécessaires sont plus faibles.

Cependant, ils coûtent plus cher au kilogramme que la perméthrine et le choix sera finalement fonction du prix et des possibilités d'obtention locale.

Précautions

Les pyréthrinoïdes de synthèse dont on recommande l'usage pour le traitement des moustiquaires sont relativement peu toxiques pour l'Homme, les mammifères et les oiseaux. Il faut distinguer les précautions que doivent prendre les usagers des moustiquaires imprégnées et les mesures de sécurité destinées à protéger les personnes qui effectuent l'imprégnation. Un tissu imprégné à la dose recommandée ne présente aucun danger lorsqu'il est sec.

Tableau 1.3

Doses d'insecticide nécessaires pour l'imprégnation de différents tissus

Tissu	Dose (g/m^2)			
	Perméthrine	**Cyfluthrine**	**Deltaméthrine**	**Lambdacyhalothrine**
Tulle à larges mailles (plus de 2 mm)	0,10-0,25	0,05	0,008-0,012	0,005-0,008
Tulle à	0,20-0,50	0,03	0,01-0,025	0,010-0,015

moustiquaire ordinaire (mailles de 1,5 mm)				
Toile de coton (draps, chemises)	0,70-1,20	0,05	-	-
Tissu épais (vestes, pantalons)	0,65-1,25	0,05	-	-

Lorsqu'on procède à l'imprégnation, il faut éviter tout contact entre la solution insecticide et la peau et plus particulièrement les lèvres, la bouche, les yeux et toute plaie ouverte, il convient de porter des gants de caoutchouc pendant toute l'opération et de prendre garde aux éclaboussures dans les yeux en veillant également à ne pas inhaler les vapeurs. Si l'on a beaucoup de moustiquaires à imprégner, il vaut mieux s'installer dehors ou dans un local convenablement aéré et n'utiliser que des récipients ouverts et peu profonds.

Si l'on respire des vapeurs d'insecticide, on s'expose à des maux de tête et à une irritation du nez ou des yeux.

Cela se produit plus souvent avec la deltaméthrine ou la lambdacyhalothrine qu'avec la perméthrine ou la cyfluthrine. Si l'on travaille sans gants, on peut sentir des picotements dans la peau des mains. Ces effets indésirables disparaissent en quelques heures. En cas de contamination des yeux ou d'irritation cutanée, il faut laver la partie touchée à grande eau. En cas d'ingestion de pyréthrinoïdes, il est impératif de consulter un médecin.

Précautions à prendre avec les moustiquaires traitées

Après séchage, il faut éviter que les enfants en bas âge qui dorment sous la moustiquaire ne portent le tulle à la bouche. Les moustiquaires en tissu synthétique (nylon, polyester) qui viennent d'être traitées avec une dose relativement forte de lamdacyhalothrine (0,030 g/m^2), sont susceptibles de provoquer des symptômes évoquant un rhume (éternuements et nez qui coule) pendant la première ou les deux premières semaines d'utilisation. Si on utilise une dose plus faible, par exemple 0,010 g/m^2, qui a encore un effet insecticide durable, ces effets indésirables disparaissent en une journée (*93*). On n'a jamais constaté d'effets indésirables avec les moustiquaires de coton ou les moustiquaires synthétiques traitées à la perméthrine ou à la cyfluthrine en émulsion huile-dans-l'eau.

Comment préparer une solution convenable et traiter puis faire sécher le tissu

Commencer par laver soigneusement le tissu si celui-ci n'est pas parfaitement propre. Il devra être tout à fait sec le jour de l'opération. C'est très important si l'on imprègne des moustiquaires appartenant à différentes personnes avec la même solution insecticide. Lorsque plusieurs moustiquaires sont imprégnées simultanément, il faut faire une marque indélébile sur chacune d'elles pour qu'elle puisse être restituée à son propriétaire.

1. Calculer la superficie de tissu à traiter (Fig. 1.70).

2. Déterminer la quantité d'eau nécessaire pour le trempage total de la pièce de tissu (Tableau 1.4):

• Remplir partiellement une jarre ou un seau avec une quantité connue d'eau (Fig. 1.71).

• Tremper la pièce de tissu dans l'eau.

• Tordre légèrement pour essorer et laisser s'égoutter l'eau qui reste en la recueillant dans le récipient.

• Mesurer la différence entre le volume d'eau initial et le volume restant. On peut pour cela utiliser une grande éprouvette graduée ou peser la pièce de tissu avant et après le trempage et l'essorage. La différence entre le poids initial et le poids final en grammes est égale au volume d'eau en millilitres (ml) absorbé par le tissu. On obtient ainsi la quantité d'eau nécessaire pour préparer la solution.

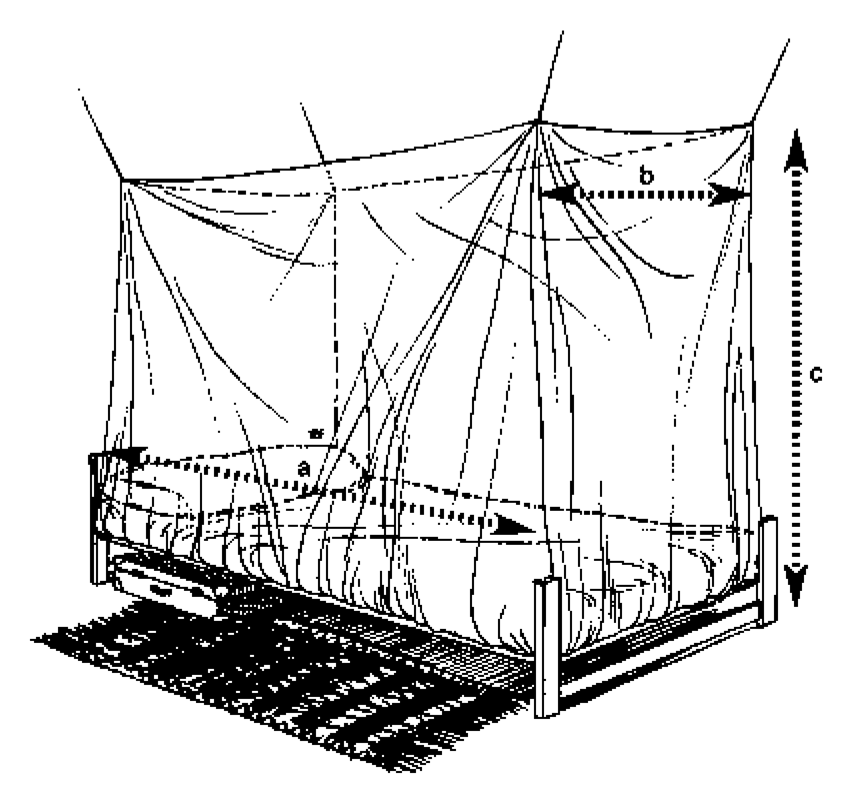


Fig. 1.70. Pour calculer la superficie d'une moustiquaire rectangulaire, on applique la formule: $S = 2\ (a \times c) + 2\ (b \times c) + (a \times b)$, dans laquelle *a* représente la longueur du lit, *b* la largeur et *c* la hauteur.

Tableau 1.4

Quantité d'eau absorbée par différents types de tissus pour moustiquaire et quantité de perméthrine nécessaire pour imprégner la moustiquaire à la dose de 0,5 g/m^2 [a]

[a] Ce tableau est basé sur des données pratiques fournies par R. Montanari, OMS, Papouasie-Nouvelle Guinée et par C. Curtis, London School of Hygiène and Tropical Medicine, Londres, Angleterre.

Métrage de tissu	**Quantité d'eau (ml)**			**Quantité de perméthrine (ml)**		
	Polyéthylène	**Nylon/Polyester (100 deniers, Maille de 156)**	**Coton**	**10%**	**25%**	**55%**
1 m^2	14	30	130	5	2	0,9
1 pièce (12,5 m^2)	175	375	16 25	62,5	25	11,5
4 pièces	700	1 500	6 500	250	100	45,5
12 pièces	2 100	4 500	19 500	750	300	136,5
20 pièces	3 500	7 500	32 500	1 250	500	227,5

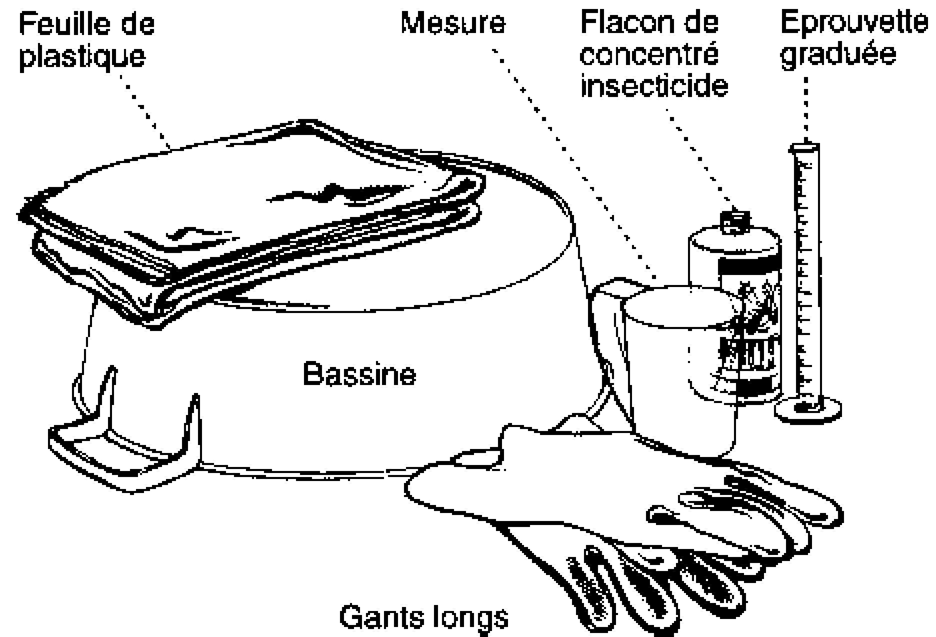


Fig. 1.71. Ustensiles et équipement nécessaires pour imprégner des moustiquaires

3. Préparer la solution d'imprégnation:

• Calculer le poids total d'insecticide nécessaire (*T*) au moyen de la formule:

$T = D \times S$

dans laquelle D = la dose choisie pour l'imprégnation (en g/m^2)
S = la superficie totale de la pièce de tissu (en m^2).

Pour obtenir la quantité de concentré insecticide nécessaire pour préparer la solution *I*, on applique la formule suivante:

I = *T*/*C*

dans laquelle *C* représente la quantité de matière active dans le concentré insecticide (g/ml).

Par exemple, un concentré émulsionnable à 25% contient 25 g de matière active pour 100 ml; 1 ml de concentré contient donc 0,25 g de matière active. En prélever le volume nécessaire dans une éprouvette graduée ou à l'aide d'une pipette (Fig. 1.72).

• A l'aide d'une grande éprouvette graduée (ou tout autre récipient gradué), mesurer le volume d'eau nécessaire pour diluer le concentré, selon le calcul effectué au point 2 ci-dessus.

• Dans un récipient approprié, mélanger l'eau et le concentré émulsionnable.

Pour être sûr de pouvoir imprégner la pièce de tissu dans sa totalité, il serait bon de disposer d'un peu plus de solution. L'excès ne sera pas perdu car il pourra servir à imprégner d'autres moustiquaires, de même d'ailleurs que le liquide recueilli lors de l'essorage.

4. Prendre une pièce de tissu propre et sèche et la plonger dans la solution en la comprimant bien pour en faire sortir l'air et veiller à ce qu'elle trempe complètement (Fig. 1.73). S'il s'agit d'une grande pièce de tissu, par exemple, une moustiquaire complète, la plier soigneusement pour faciliter l'élimination de l'air et la pénétration de la solution. Cette précaution est particulièrement importante dans le cas des moustiquaires de polyéthylène qui sont assez rigides et dépourvues d'élasticité.



Fig. 1.72. Mesure de la quantité de concentré nécessaire à l'aide d'une éprouvette graduée



Fig. 1.73. Imprégnation d'une pièce de tissu par pressage et trempage. Il faut porter des gants de protection en caoutchouc.

Il faut que le récipient utilisé soit suffisamment grand pour que l'on puisse y manipuler le tissu sans faire d'éclaboussures. On peut utiliser un seau, une poubelle, une cuvette ou même un sac en plastique, selon les dimensions et le nombre des pièces de tissu à imprégner. Si on utilise un sac en plastique, il faut le remplir d'un volume de solution permettant de saturer le tissu sans laisser de résidu. Une fois que l'on a mis la pièce de tissu dans le sac, en fermer l'extrémité en le nouant. Agiter et pétrir vigoureusement le sac pendant une dizaine de minutes (Fig. 1.74), puis sortir la pièce de tissu du sac et la laisser sécher sans l'essorer.

5. Retirer la pièce de tissu du récipient, l'essorer pour éliminer le liquide en excès ou la laisser s'égoutter au dessus du récipient. L'étendre ensuite sur une feuille de plastique ou sur toute autre surface propre et non absorbante (par exemple, des feuilles de bananier) (Fig. 1.75) et la laisser sécher dans cette position. Si on a effectué l'imprégnation dans un sac en plastique, on peut trancher le sac pour l'étaler et y étendre le tissu traité. Pendant le séchage, il faut retourner la pièce de tissu de temps à autre. La durée de séchage dépend, entre autres, de l'épaisseur du tissu, de la quantité d'eau absorbée et de la superficie exposée au soleil et au vent. Il faut plusieurs heures pour faire sécher une moustiquaire de coton. Si la moustiquaire reste en plein soleil, il peut y avoir destruction partielle des pyréthrinoïdes qui imprègnent le tissu, aussi est-il préférable de ne pas la laisser au soleil.

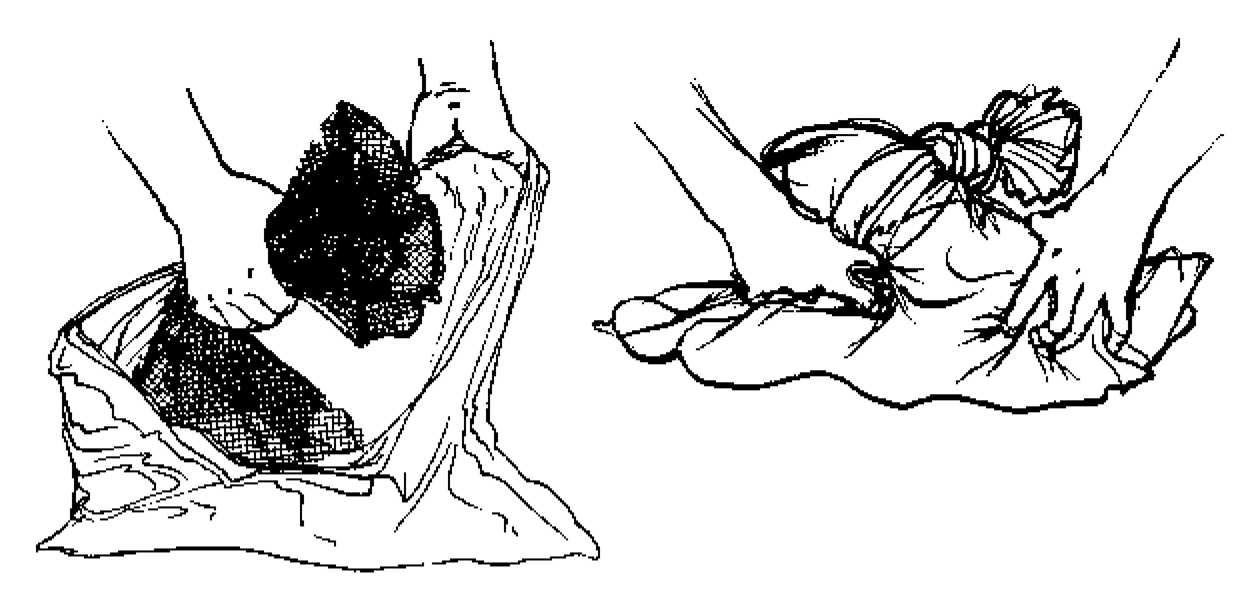


Fig. 1.74. Imprégnation d'une pièce de tissu dans un sac en plastique.

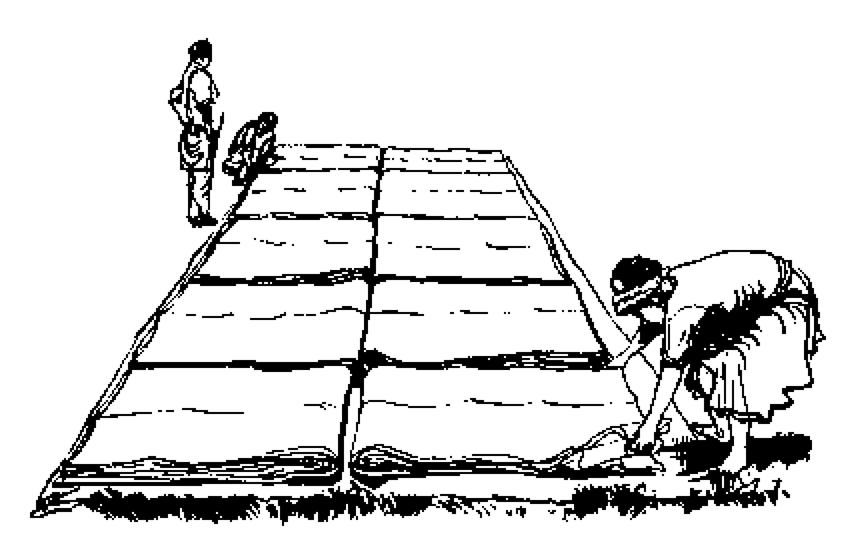


Fig. 1.75. Faire sécher le tissu imprégné sur une feuille de plastique ou toute autre surface propre et non absorbante, en évitant de l'exposer en plein soleil.

En règle générale, il ne faut pas faire immédiatement sécher la moustiquaire sur un étendage car en s'égouttant elle va perdre une partie de sa dose d'insecticide, qui ne sera plus uniformément répartie dans le tissu. Lorsque la moustiquaire sera restée à sécher pendant quelque temps au sol, on pourra la placer sur l'étendage pour accélérer le processus (Fig. 1.76). Une fois essorée, une pièce de coton placée sur un étendage ne goutte pas autant qu'une pièce de tissu synthétique.

Quelquefois il est utile qu'il y ait un gradient de dose dans le tissu, par exemple s'il s'agit d'une moustiquaire pour hamac, car c'est vers le bas que le corps du dormeur est en contact avec la moustiquaire. Pour obtenir un gradient de dose, on peut placer le tissu un peu plus tôt sur l'étendage (Fig. 1.77).

Comment traiter une seule moustiquaire (rectangulaire)

Pour traiter une seule moustiquaire de type familial (12,5 m^2), en tulle de nylon ou de polyester, à raison de 0,5 g/m^2, diluer 25 ml de concentré émulsionnable de perméthrine à 25% dans 375 ml d'eau. Agiter et verser le mélange dans un sac en plastique. Placer la moustiquaire dans le sac et bien fermer en attachant ou en nouant l'extrémité du sac. Secouer et pétrir le sac vigoureusement pendant 10 minutes (voir Fig. 1.74). Retirer la moustiquaire et retendre pour la faire sécher sur le sac qu'on aura préalablement fendu et étalé bien à plat.

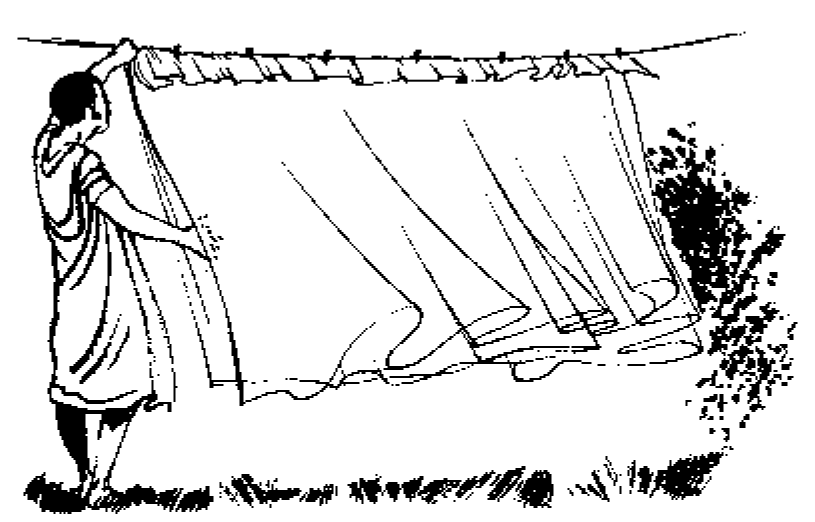


Fig. 1.76. Lorsque le tissu fraîchement imprégné est resté à sécher pendant quelque temps sur une surface horizontale, on peut accélérer le processus en le plaçant sur un étandage.

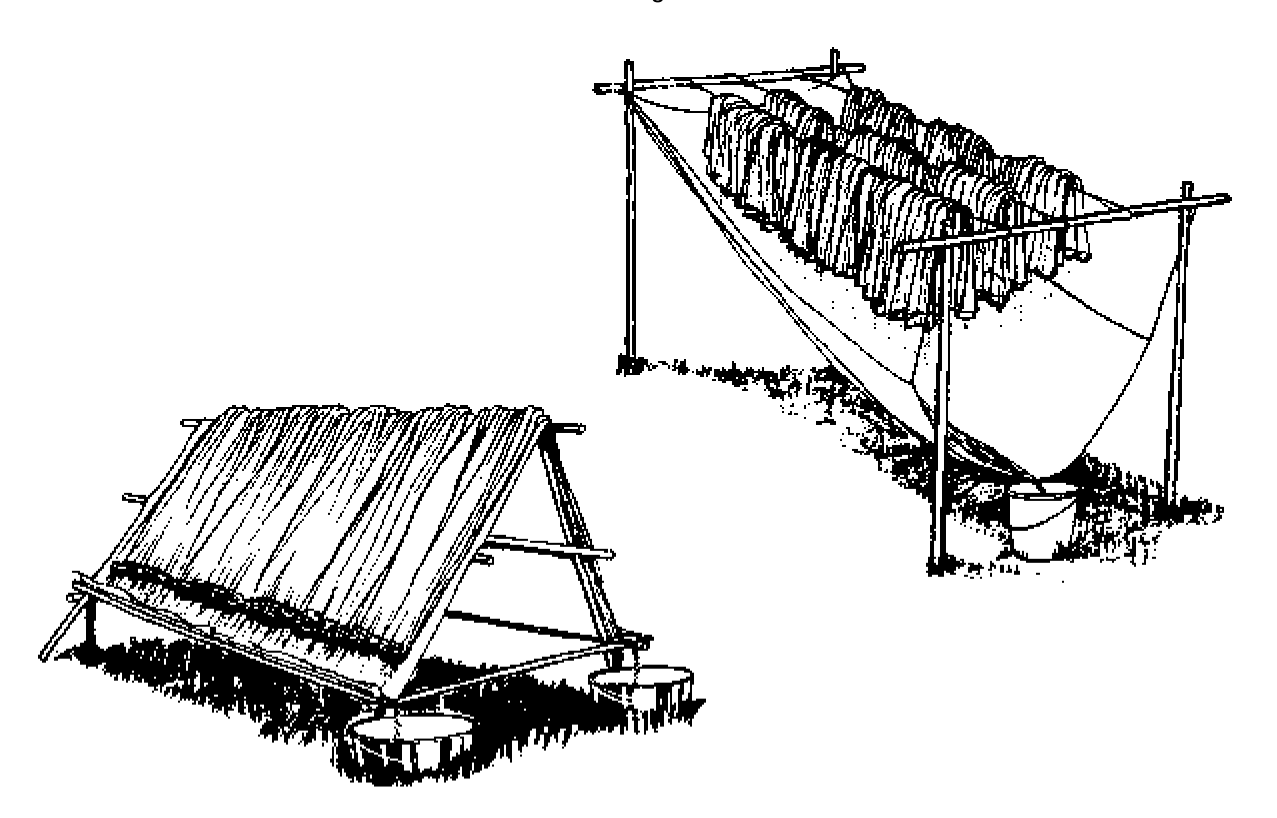


Fig. 1.77. Installations utilisant des perches et des feuilles de plastique pour le

traitement à grande échelle des moustiquaires. Des récipients recueillent la solution insecticide en excès qui ruisselle le long d'une feuille de plastique (d'après S. Meek).

Comment traiter 20 moustiquaires

Pour traiter 20 moustiquaires standard de type familial (12,5 m^2), en tulle de nylon ou de polyester, à raison de 0,5 g/m^2, verser 7,5 litres d'eau dans une poubelle et ajouter 500 ml de concentré émulsionnable de perméthrine à 25%. Agiter et plonger les moustiquaires une à une dans le récipient en les pétrissant jusqu'à ce qu'elles soient complètement saturées par la solution insecticide. Ne pas oublier de porter des gants de protection. Sortir les moustiquaires du bain insecticide, les laisser s'égoutter et les étendre bien à plat sur une feuille de plastique pour qu'elles puissent sécher, de préférence à l'ombre.

Traitement par pulvérisations

Lorsqu'on a à traiter un grand nombre de moustiquaires, il peut être préférable d'appliquer l'insecticide au moyen d'un pulvérisateur (*74*) (Fig. 1.78). Les avantages de ce mode de traitement sont les suivants:

- rapidité d'application et de séchage;

- dans le cas des tissus épais, le traitement en surface peut réduire les pertes d'insecticide par absorption;

- on utilise moins d'insecticide en se bornant à ne traiter que les parties du tissu qui sont susceptibles d'entrer en contact avec les insectes;

- convient pour le traitement rapide d'un grand nombre de moustiquaires à l'échelon d'un village, notamment si certaines personnes ne souhaitent pas que leur moustiquaire soit lavée ou imprégnée dans le même récipient que celles des autres habitants.

La méthode a aussi quelques inconvénients:

- nécessité de disposer d'un équipement pour les pulvérisations;

- il faut une certaine formation pour être capable de traiter le tissu à la bonne dose;

- une quantité non négligeable d'insecticide peut se perdre dans l'atmosphère.

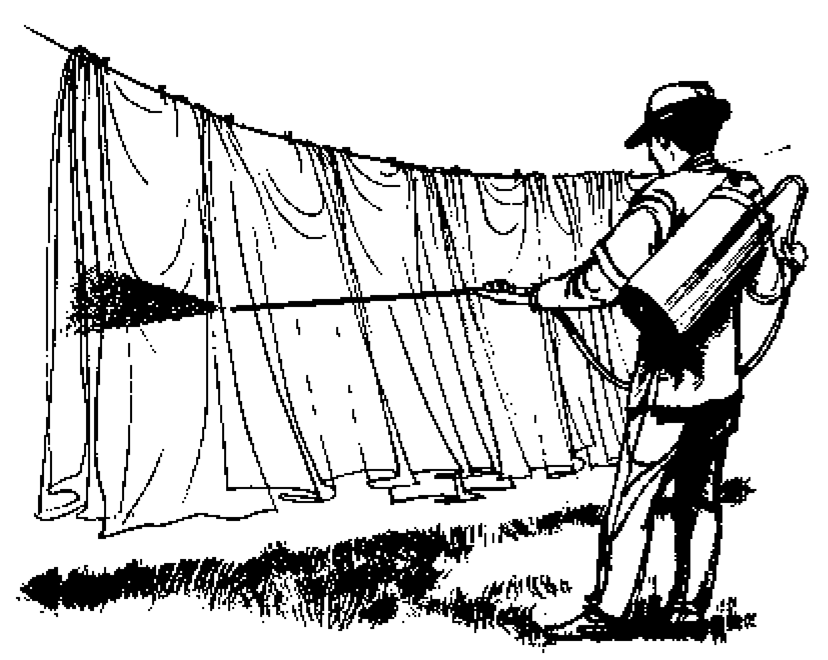


Fig. 1.78. Traitement d'une moustiquaire par un insecticide appliqué au moyen d'un pulvérisateur à pression préalable.

Matériel de pulvérisation

Bombes aérosols

Il existe des bombes aérosols qui contiennent de la perméthrine à 0,5% ou de la fluméthrine; elles sont commodes mais chères. Une bombe contenant 85 g de perméthrine suffit pour traiter 3,5 à 4,5 m^2 de tissu, mais pas davantage, car une grande partie de l'insecticide se dissipe dans l'atmosphère pendant la pulvérisation.

Pulvérisateurs à pression préalable actionnés manuellement

Il en existe plusieurs modèles qui sont très largement utilisés dans les programmes de lutte antipaludique. Ces pulvérisateurs conviennent bien pour l'application de mélanges eau-insecticide.

Pulvérisateurs électrodynes

Ces pulvérisateurs ont été mis au point pour l'application sans pression de solutions spéciales de pyréthrinoïdes. Il n'y a aucune adjonction d'eau et le tissu sèche rapidement. Le principe de la méthode est de produire des goutelettes chargées électriquement qui sont attirées par le tissu préalablement mis à la terre. Dans ces conditions, il est possible de traiter des tulles à larges mailles.

Comment pulvériser un insecticide sur une moustiquaire

Méthode 1. La dilution de l'insecticide s'effectue comme suit. Pulvériser de l'eau sur des échantillons de tissu de superficie connue en déplaçant la buse du pulvérisateur à vitesse et à distance constantes (voir chapitre 9).

En réglant la vitesse de déplacement de la buse, on peut éviter que le tissu ne goutte et assurer ainsi un séchage rapide. La consommation d'eau est mesurée au niveau du réservoir de la pompe. On prépare ensuite la solution conformément aux indications de la page 97. Il faut veiller à bien pulvériser la solution sur la face du tissu exposée aux insectes, l'autre face pouvant recevoir une dose plus faible d'insecticide. Une fois que la solution est prête, on peut procéder à la pulvérisation sur l'étendage même où on laissera ensuite sécher la moustiquaire.

Méthode 2. Dans le cas d'une toile ou d'un tulle légers, pulvériser la solution insecticide (préparée selon les indications de la page 97) jusqu'à ce que le liquide commence à ruisseler (saturation). Suspendre une feuille de plastique derrière la pièce de tissu à traiter pour recueillir la solution en excès. On peut également traiter les moustiquaires après les avoir disposées une à une sur un égouttoir spécial (voir Fig. 1.77).

Quand faut-il renouveler le traitement?

Il faut renouveler le traitement lorsque l'insecticide a perdu son activité. Cette perte d'activité peut avoir différentes causes.

- L'insecticide se décompose ou s'évapore peu à peu, ces processus s'accélérant sous l'action de la chaleur et du rayonnement solaire.

- L'insecticide est lessivé par la pluie.

- Une fraction de l'insecticide est éliminée par le lavage.

- Des manipulations fréquentes et le pliage de la moustiquaire pendant la journée peuvent également provoquer une perte d'insecticide.

Pour avoir à renouveler moins souvent le traitement, il importe:

- d'éviter toute manipulation inutile de la moustiquaire;

- de procéder au traitement peu après le lavage, de manière à ne pas avoir à relaver la moustiquaire avant quelque temps;

- de ranger la moustiquaire dans un sac de plastique ou dans une boîte, ce qui évite à la fois la dégradation de l'insecticide et l'accumulation de poussière;

- de changer de méthode de nettoyage, par exemple de secouer la moustiquaire et de la brosser avec une brosse souple; si le lavage ne peut pas attendre, il faut le faire dans l'eau froide, sans utiliser de savon.

- d'utiliser des moustiquaires de couleur, qui sont moins salissantes;

- de faire coïncider les traitements avec les maxima saisonniers d'agressivité culicidienne et de transmission.

Durée approximative de l'effet rémanent de la perméthrine (*74*)

Moustiquaire non utilisée: >6 mois (1 à 2 ans dans un sac hermétique)

Moustiquaire utilisée tous les jours: 4 à 6 mois

Moustiquaire utilisée tous les jours et lavée une fois par mois dans l'eau froide: 2 à 3 mois

Moustiquaire utilisée tous les jours et lavée une fois par semaine dans l'eau froide: 1 mois

Vêtements portés tous les jours et lavés chaque semaine: 1 à 2 mois.

Mesure de l'efficacité rémanente

On s'aperçoit parfois que l'insecticide a perdu de son efficacité au fait que le nombre d'insectes agressifs augmente et que ceux qui entrent en contact avec les moustiquaires ou tous autres tissus traités sont plus nombreux à en réchapper. Si l'imprégnation vise essentiellement à détruire certaine espèces de moustiques, c'est la survie de ces espèces qu'il faut surveiller.

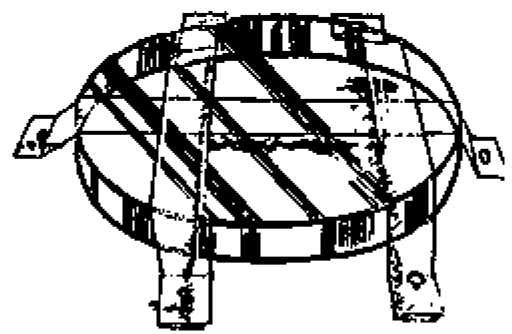
Le traitement est à renouveler dans les cas suivants:

- les moustiques parviennent à pénétrer à travers la moustiquaire en restant en vie;

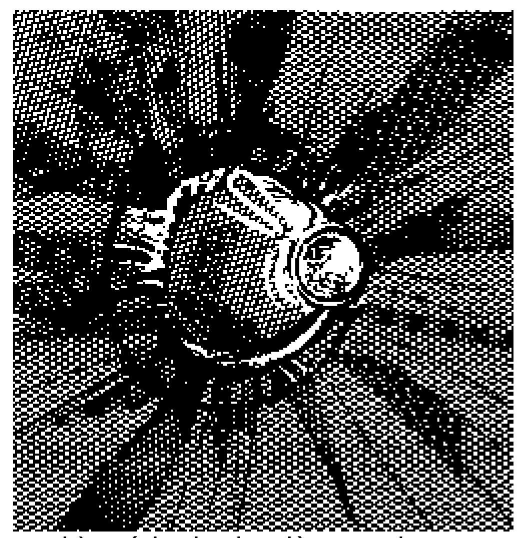
- les insectes hématophages parviennent à se nourrir à travers le tissu traité et restent vivants après avoir marché, rampé ou s'être posés sur ce tissu.

Souvent, il est difficile de se rendre compte que l'insecticide a perdu de son efficacité. Cependant, si la transmission est saisonnière, il suffit en général de traiter la moustiquaire une fois par an, au début de la saison de transmission. Là où sévissent des maladies transmises par des insectes, il est capital de ne pas attendre que le tissu ait perdu son efficacité protectrice pour refaire un traitement. Il existe plusieurs méthodes pour mesurer l'efficacité rémanente d'une moustiquaire traitée (Fig. 1.79). Ces contrôles doivent être effectués sur des tissus fraîchement imprégnés afin de déterminer une valeur de référence pour l'efficacité, valeur à laquelle on comparera les résultats des contrôles ultérieurs. Chaque contrôle doit être répété plusieurs fois.

Fig. 1.79. Détermination de l'efficacité rémanente d'une moustiquaire traitée:



a) méthode de la boîte de Pétri;



b) méthode du piège conique;



c) on enlève par aspiration les moustiques pris dans le piège conique.

· **Lâcher de moustiques sous la moustiquaire.** Il s'agit d'une méthode simple mais approximative et qui ne nécessite pas de matériel autre que celui dont on a besoin pour capturer les moustiques. Suspendre la moustiquaire de manière qu'elle touche le sol et disposer un drap blanc au-dessous. Attraper 50 moustiques et les lâcher sous la moustiquaire. Au bout de 15 minutes, se glisser sous la moustiquaire et récupérer les moustiques; noter le nombre de moustiques vivants ou morts. Il faut refaire le traitement si moins de 16 moustiques sont morts et qu'aucun moustique n'est posé sur le drap. Si des moustiques sont posés sur le drap, la mesure n'est pas valable et il faut la refaire. Pour éviter que des moustiques ne se posent sur le drap, il faut fermer la moustiquaire par en bas pendant toute la durée de l'essai.

· **Méthode de la boîte de Pétri.** Cette méthode est valable pour tous les tissus et pour de nombreux insectes piqueurs. Sur la pièce de tissu traitée, poser à l'envers un récipient transparent sans couvercle, par exemple une boîte de Pétri (Fig. 1.79a). Capturer vivants des insectes appartenant à l'espèce contre laquelle on désire se protéger et les lâcher sous le récipient. Déterminer le temps nécessaire pour que 80% des insectes soient abattus ou tués. Supposons que l'on ait placé sous le récipient cinq lots successifs de 10 insectes et qu'il faille en moyenne six minutes pour que le huitième moustique tombe sur le tissu, on considérera que le temps nécessaire pour abattre 80% des moustiques est de six minutes. Si l'on répète l'expérience au bout de quelques mois et que le temps nécessaire pour abattre 80% des insectes est beaucoup plus long, par exemple 60 minutes ou davantage, on en concluera à la nécessité de traiter à nouveau la moustiquaire.

· **Méthode du piège conique.** Cette méthode, recommandée par l'OMS (*78*), exige un matériel spécial ainsi qu'une formation particulière. Le piège conique se fixe à la moustiquaire au moyen d'un ruban de caoutchouc, comme le montre la figure 1.79b. On peut également le fixer avec des aiguilles sur une pièce de bois ou de carton que l'on place sous le tissu. Si l'on utilise un matériau non tissé ou un tissu à larges mailles, on peut appliquer le piège sur une certaine épaisseur de matériau obtenue en repliant celui-ci un certain nombre de fois. Exposer 10 moustiques à la fois pendant environ trois minutes. Enlever ensuite les moustiques et les introduire par aspiration dans un récipient propre en carton ou en plastique (Fig. 1.79c) qui sera muni d'une grille et dans lequel on aura placé un tampon d'ouate trempé dans de l'eau contenant 10% de sucre. Noter le nombre d'insectes abattus au bout de 1 h et de 24 h.

Répéter l'expérience cinq fois, c'est-à-dire sur 50 moustiques. On considère que l'insecticide est encore efficace si au moins 40 moustiques (80%) ont été abattus. Comme on risque de tuer un certain nombre de moustiques en les manipulant sans précaution ou tout autre raison, on fera une essai témoin sur une moustiquaire non traitée. Si la mortalité dépasse 20% dans le groupe témoin, il faut refaire l'expérience.

Elimination de l'insecticide1

[1] Voir également le chapitre 10.

Une solution d'insecticide peut être utilisée plusieurs jours après avoir été préparée. Passé cette période, on ne peut plus l'utiliser pour une réimprégnation et il faut l'éliminer avec les précautions d'usage. Il faut notamment éviter de s'en débarasser dans un endroit où elle risque, en s'écoulant, de contaminer l'eau utilisée pour la consommation ou le lavage ou encore de s'infiltrer dans des étangs à poissons ou des cours d'eau; en effet, les pyréthrinoïdes sont très toxiques pour les poissons. Il faut la

déverser dans un trou creusé spécialement à cet effet dans un sol sec où elle sera rapidement absorbée et se décomposera sans causer de dommage à l'environnement (Fig. 1.80). On peut également s'en servir pour traiter les nattes de couchage ou les matelas à ressorts pour éviter que les moustiques ne viennent piquer par dessous. Le traitement des matelas est utile en présence de punaises. Ce qui reste de solution peut aussi être utilisé pour se débarrasser d'autres nuisances comme les fourmis et les blattes. Dans ce cas, on arrosera directement ou on tamponnera à l'éponge la zone infestée (sous l'évier de la cuisine, dans les recoins...). On peut limiter temporairement la prolifération des insectes en en versant à l'intérieur et alentour des latrines ou lieux de ce genre.

Protection des abris et des habitations contre les insectes

Nombreux sont les moustiques qui attaquent l'Homme pendant la nuit, à l'intérieur des habitations. C'est aussi le cas, dans une moindre mesure, des cératopogonides et, sous les climats secs, des phlébotomes. Les méthodes qui empêchent ou restreignent la pénétration des moustiques dans les maisons d'habitation assurent aux résidants une protection non négligeable.

On a vu que pour éviter la pénétration des insectes ou les tuer, on peut utiliser des aérosols, des serpentins, des vaporisateurs ou des vapeurs répulsives. Toutes ces méthodes ont l'inconvénient de ne pas avoir d'effet durable. En plus des moustiquaires, on a besoin de méthodes à caractère permanent qui soient à la fois plus efficaces, plus pratiques et plus durables.

Architecture de la maison

Les moustiques sont généralement peu nombreux à pénétrer dans les maisons bâties sur pilotis ou dans les appartements situés à l'étage, car beaucoup d'espèces préfèrent voler à proximité du sol (*109*). On en trouve cependant parfois dans des appartements situés à des étages élevés, comme cela s'est produit à Calcutta (*110*).

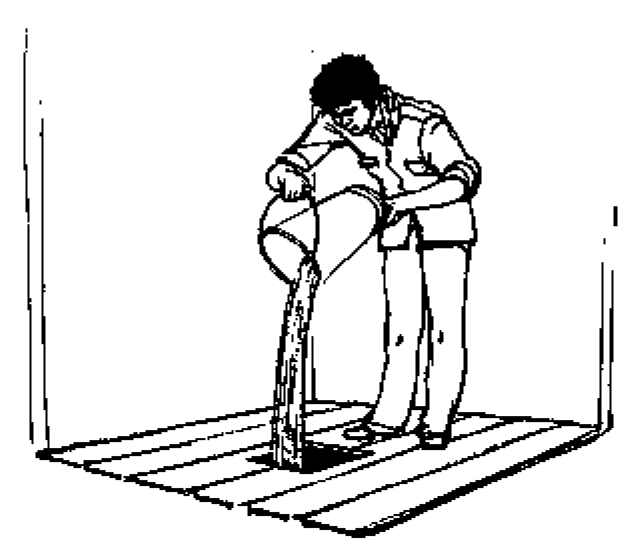


Fig. 1.80. Pour se débarrasser en toute sécurité de l'insecticide en excès, on peut le jeter dans une latrine à fosse ou dans un trou spécialement creusé à cet effet dans le sol.

Plus les ouvertures d'un logement sont petites et moins elles sont nombreuses, moins les moustiques ont de chances d'y pénétrer. Dans les régions tropicales, les ouvertures d'aération, comme les fenêtres et les avant-toits, sont des voies d'accès faciles pour les insectes volants, encore que certaines espèces de moustiques soient moins à même que d'autres de se frayer un chemin vers l'intérieur du logement en empruntant ces ouvertures (*111*). Les ouvertures qui ne sont pas nécessaires à l'aération doivent, dans la mesure du possible, être condamnées (*112*). La condamnation des ouvertures sous les avant-toits n'est guère possible car cela restreindrait l'aération. Toutefois, munir ces ouvertures d'un grillage est une bonne idée (voir plus loin). Les portes et les fenêtres doivent être bien ajustées et fermer correctement. Dans les régions chaudes, seuls les logements modernes équipés d'un système de climatisation peuvent rester entièrement fermés la nuit.

S'il n'est pas possible de fermer ou de grillager les ouvertures des avant-toits, on peut construire un faux plafond qui empêchera la pénétration des moustiques dans le logement. Si un plafond en dur se révèle trop lourd pour la construction, on peut utiliser des matériaux légers comme la toile d'emballage, un cannage ou un tressage de paille ou un tulle anti-moustiques (Fig. 1.81). Dans les maisons dont le toit est en tôle ondulée, ce faux plafond a l'avantage supplémentaire d'assurer une isolation partielle et donc de protéger les occupants de la chaleur irradiée par le toit. D'un autre côté, le faux plafond, s'il est en dur, risque de servir de refuge aux petits mammifères, aux oiseaux, aux serpents ou encore, notamment en Amérique du Sud, aux triatomes qui sont les vecteurs de la maladie de Chagas (*113, 114*).

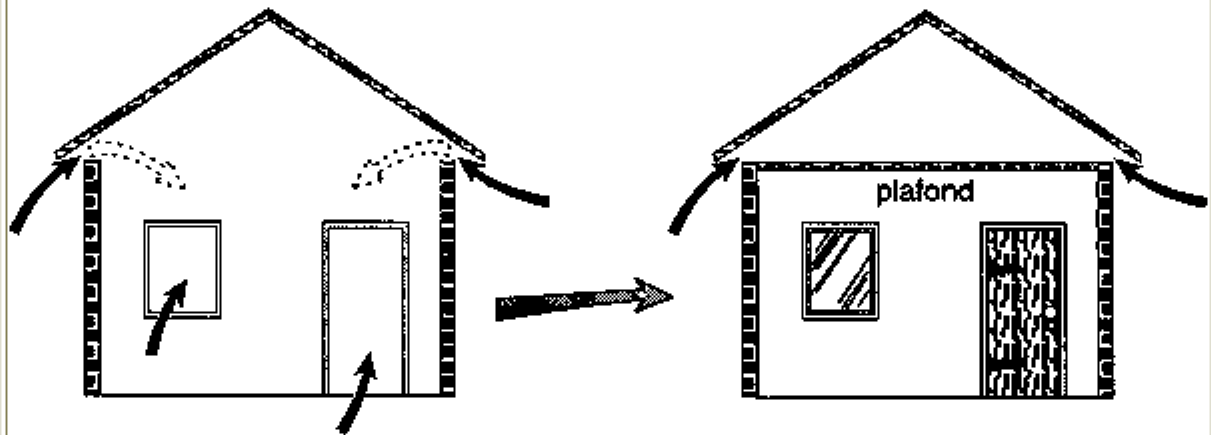


Fig. 1.81. Sous les tropiques, les moustiques peuvent pénétrer dans les habitations par les ouvertures des avant-toits. Un faux plafond en matériau léger permet non seulement de faire obstacle à cette pénétration, mais encore, en agissant comme isolant, d'assurer une certaine protection contre la chaleur irradiée par le toit (© OMS).

Grillage anti-moustiques

La pose de grillages au niveau des portes, fenêtres et autres ouvertures empêche la pénétration des insectes, tout en maintenant une certaine aération. Pour faire obstacle à la plupart des espèces de moustiques, les mailles ne doivent pas dépasser 1,5 mm. Elles doivent être encore plus petites pour s'opposer au passage des phlébotomes ou des cératopogonides. Souvent, ces grillages ne conviennent pas du fait qu'ils réduisent l'aération. Il n'empêche qu'on les utilise couramment dans les régions où sévissent

tout au long de l'année des maladies transmises par des moustiques et où l'on peut assurer une ventilation artificielle.

On peut utiliser soit des grillages permanents, soit des protections amovibles constituées de grillages fixés sur un cadre (Fig. 1.82). Ce dernier type est plus coûteux et nécessite un ajustage minutieux.

Il faut vérifier périodiquement qu'il n'y a ni trous ni déchirures dans le grillage.

Matériaux pour les grillages
Tulle de coton: efficace mais se détériore facilement. L'aération est réduite dans une proportion pouvant atteindre 70%.
Grillage métallique: l'aération est réduite de 30 à 50%; les rongeurs ne peuvent pas pénétrer. De nombreux métaux se corrodent dans les zones humides; l'utilisation de grillages en cuivre ou en acier inoxydable permet d'éviter ce problème, mais c'est une solution coûteuse.
Grillage en plastique: bon marché et facile à poser. L'aération est réduite dans une proportion pouvant atteindre 35%. Le nylon ne tient pas très longtemps s'il est exposé en plein soleil. La fibre de verre recouverte de PVC est plus durable.

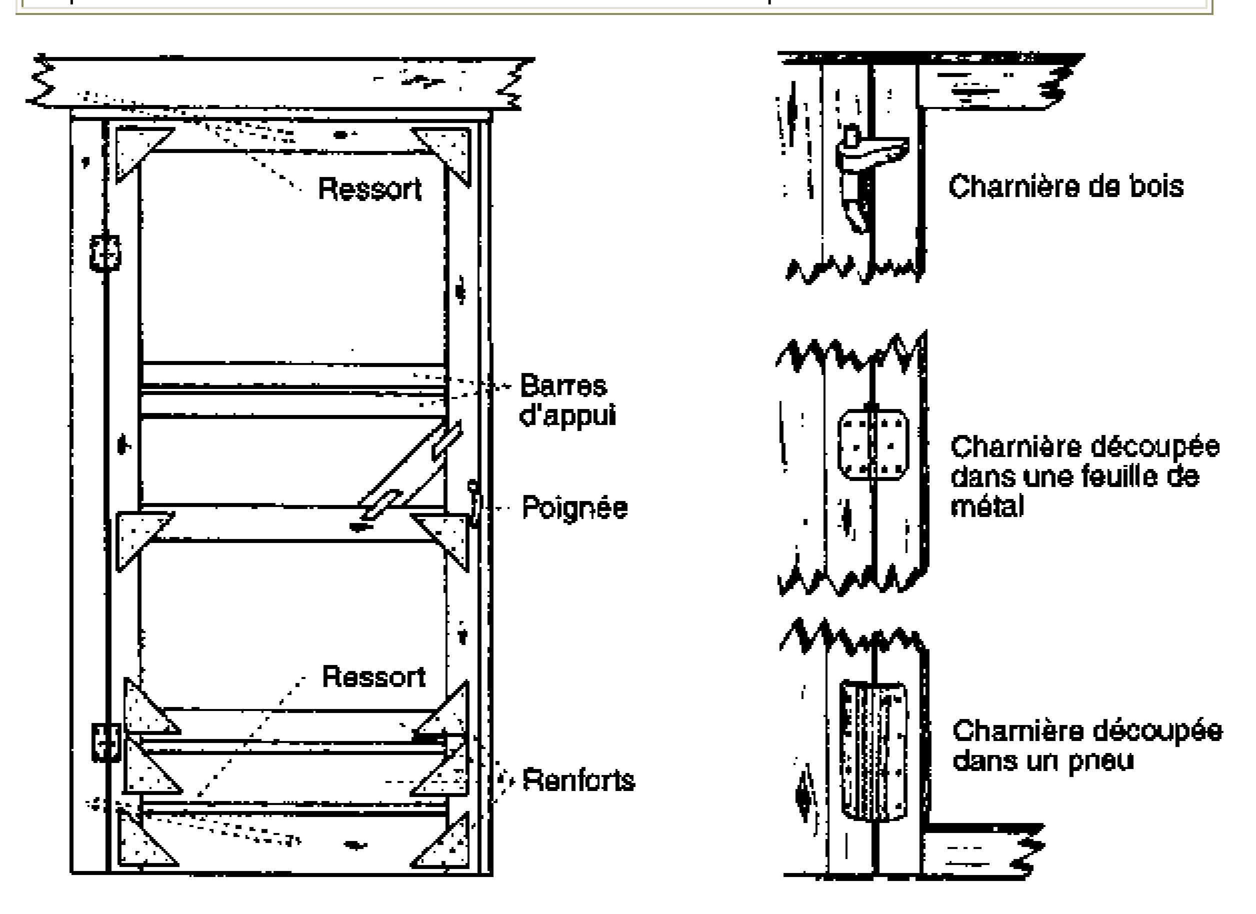


Fig. 1.82. Porte grillagée correctement construite (à gauche) et charnières improvisées pour équiper une porte ou une fenêtre grillagées (à droite) (© OMS).

Inconvénients des grillages (Fig. 1.83)

Trous: les moustiques sont tenaces et ils ont tôt fait de découvrir les trous.

Aération: le grillage à petites mailles fait obstacle au renouvellement de l'air.

Portes et fenêtres: il est nécessaires que les grillages soient amovibles.

Avant-toits: il est souvent difficile de poser des grillages sans laisser subsister d'ouvertures.

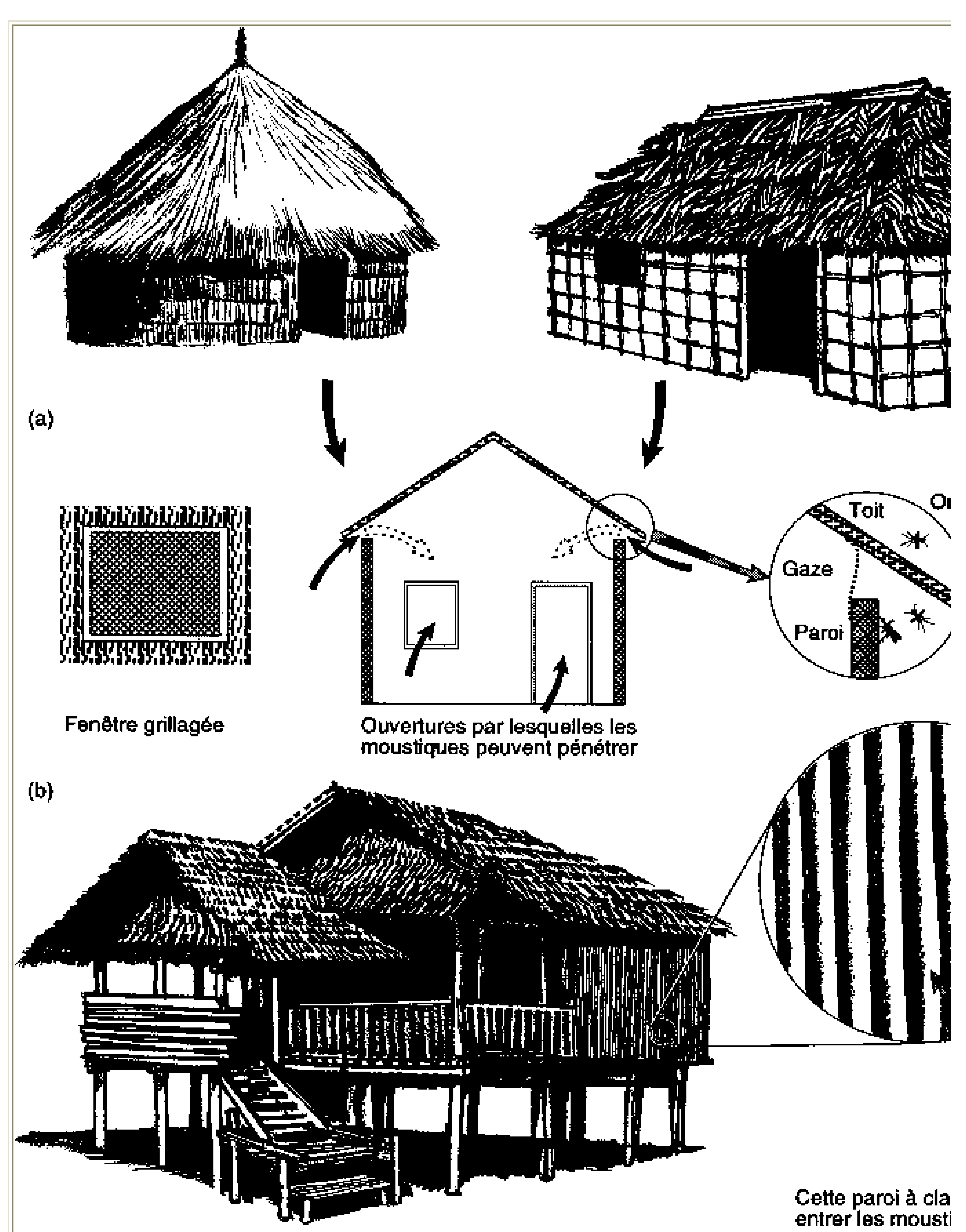


Fig. 1.83. a) Dans ces maisons, il est possible de poser des grillages sous les avant-toits; les ouv portes et des fenêtres peuvent être fermées ou également protégées par un grillage. b) La pose de pas envisageable dans cette maison. Il est préférable dans ce cas d'utiliser des vaporisateurs d'inse moustiquaires.

Grillages et rideaux imprégnés d'insecticide

Le traitement des grillages par un insecticide peut constituer un moyen pratique et bon marché pour résoudre certains des problèmes évoqués plus haut. Un grillage ou un rideau traité représente une barrière toxique pour les moustiques et autres insectes volants qui cherchent à pénétrer à l'intérieur des habitations (*115-119*). Comme le contact avec la surface traitée provoque l'irritation ou la mort des moustiques, ceux-ci ne sont plus capables de trouver les trous que le grillage pourrait comporter. Les moustiques survivants sont tellement perturbés par ce contact qu'ils cessent toute attaque. Par ailleurs, ceux qui ont pu pénétrer par une ouverture non grillagée finiront par être tués lorsqu'ils tenteront de sortir par une ouverture protégée par un grillage traité.

Dans certains logements, un grillage traité peut se révéler aussi efficace qu'une moustiquaire. En outre, cette méthode exige beaucoup moins de matériau et d'insecticide, d'où un prix de revient plus favorable. Autre avantage par rapport aux moustiquaires, une fois les grillages posés, il n'y a en principe plus à s'en occuper.

Méthode de traitement

Les instructions relatives au traitement des pièces de tissu données à la page 92, restent valables dans le cas d'un grillage. Les doses recommandées au mètre carré sont de 0,75-1,00 g pour la perméthrine, de 0,05 g pour la cyfluthrine, et de 0,025 à 0,035 g pour la deltaméthrine ou la lambdacyhalothrine. Avantages pratiques par rapport à un grillage non traité:

- Un grillage traité est facile à poser. En raison de l'effet toxique, les moustiques sont perturbés et deviennent incapables de rechercher les trous ou autres petites ouvertures, de sorte qu'il n'est pas nécessaire que le grillage soit parfaitement ajusté (Fig. 1.84).

- On peut utiliser un grillage à mailles plus larges (*102, 103*) (voir page 93), ce qui permet une meilleure aération, un grand avantage sous les climats chauds.

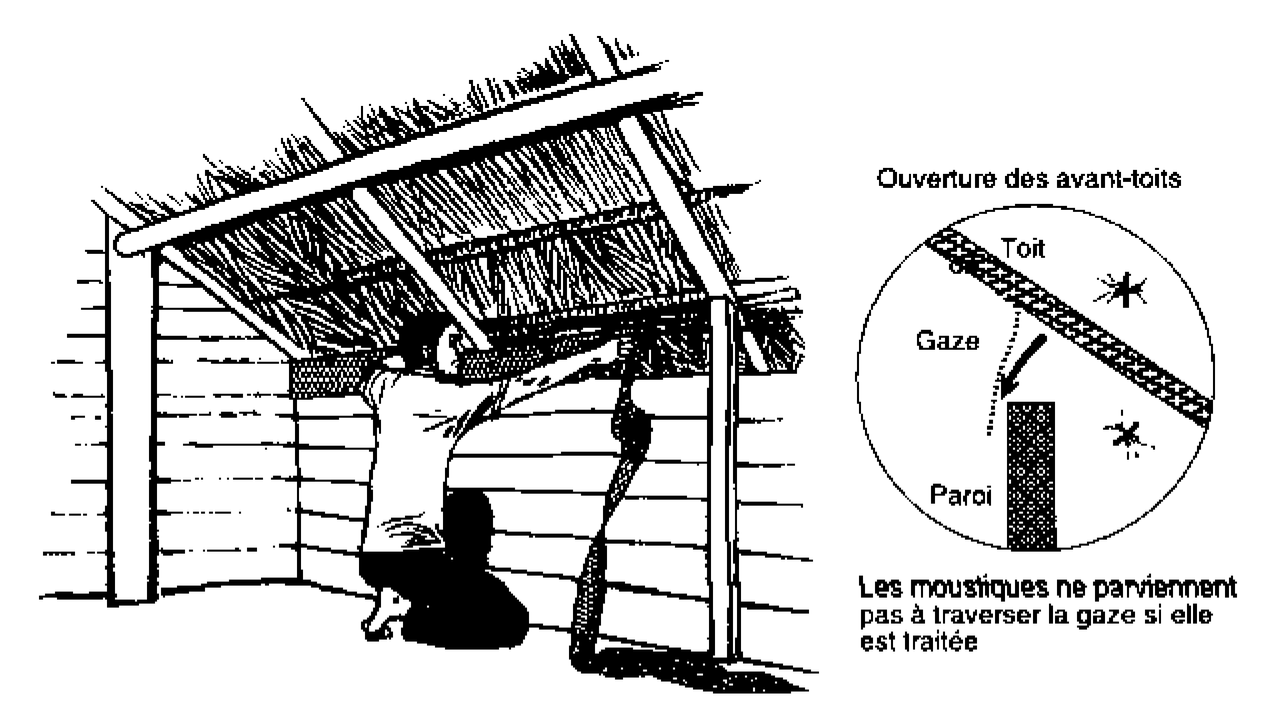


Fig. 1.84. Lorsqu'on pose des grillages traités sous les avant-toits, il n'est pas nécessaire de faire un ajustage précis car les moustiques ne sont plus capables de trouver des passages (© OMS).

Autres matériaux utilisables pour la protection

Au lieu d'utiliser un treillis métallique ou plastique, on peut disposer des fibres, des lanières ou des rideaux qu'on laisse pendre librement après les avoir traités (Fig. 1.85).

Exemples de matériaux:

- fibres obtenues en effilochant des sacs de polyéthylène ou de jute;
- cordes
- rideaux de lit
- lanières de plastique

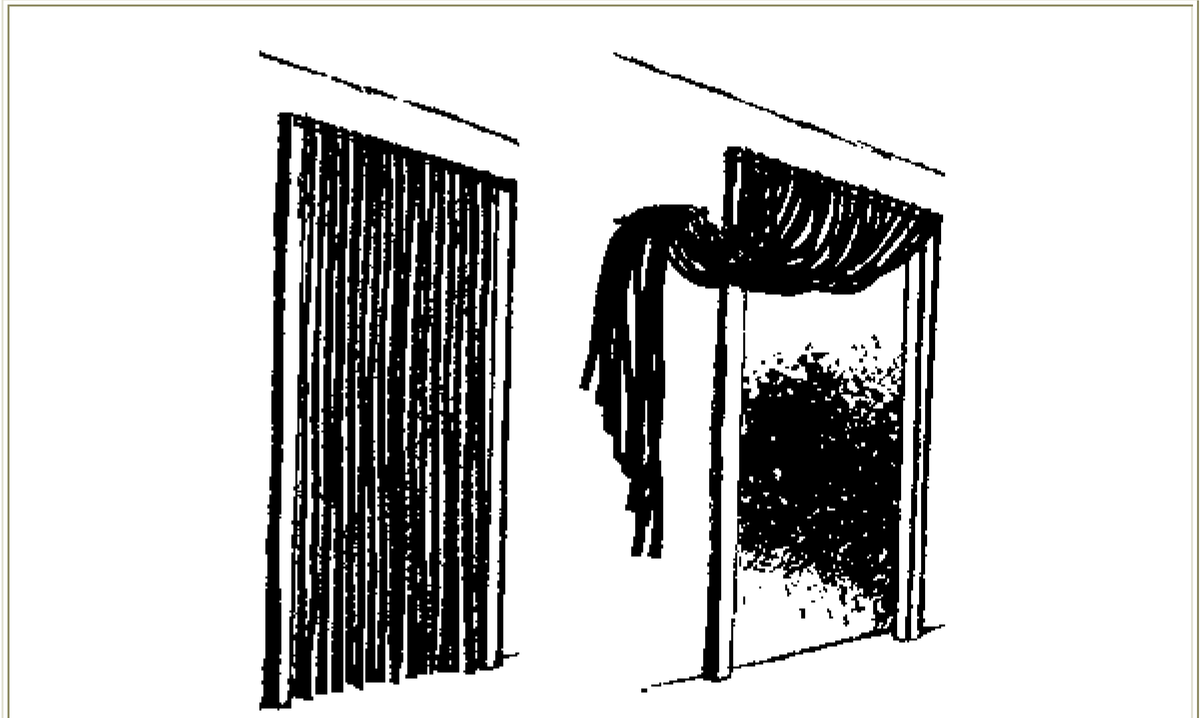


Fig. 1.85. On peut protéger une entrée à l'aide de fibres ou de lanières traitées par un insecticide.

Protection des tentes

Les campeurs qui donnent sous la tente sont fréquemment attaqués par des insectes volants. Les tentes sont souvent munies d'un treillis protecteur en tulle ou en gaze, mais les moustiques peuvent pénétrer par de petits interstices lorsqu'on ouvre ou qu'on ferme cette moustiquaire. En outre, les mailles en sont généralement trop larges pour faire obstacle aux cératopogonides qui infestent les abords des terrains marécageux. Pour empêcher la pénétration de ces insectes, il faut que les mailles soient de dimension inférieure à la dimension courante de 1,2-1,5 mm. D'un autre côté, l'aération sera moins bonne avec ces mailles de petite dimension.

Exemples de solutions:

- On peut utiliser des bombes aérosols ou des vaporisateurs à l'intérieur de la tente, une fois celle-ci fermée. Cela peut toutefois être désagréable pour les occupants en raison du confinement. Sous une tente de plus grande dimension, on peut faire usage de serpentins insecticides qui protègent pendant toute la durée de la nuit, mais la prudence doit être de règle du fait que l'espace est limité et que le matériau de la tente et des sacs de couchage est inflammable. En tous cas, ces serpentins doivent être placés sur des supports adéquats (p 72). On peut aussi placer le serpentin juste devant la tente, dans un conteneur qui le protège de l'humidité et du vent (Fig. 1.86).

- Le tulle ou la gaze de protection peuvent être traités par un répulsif ou un pyréthrinoïde pour faire obstacle aux insectes volants comme les cératopogonides, par exemple, qui pourraient se frayer un chemin à travers les mailles.

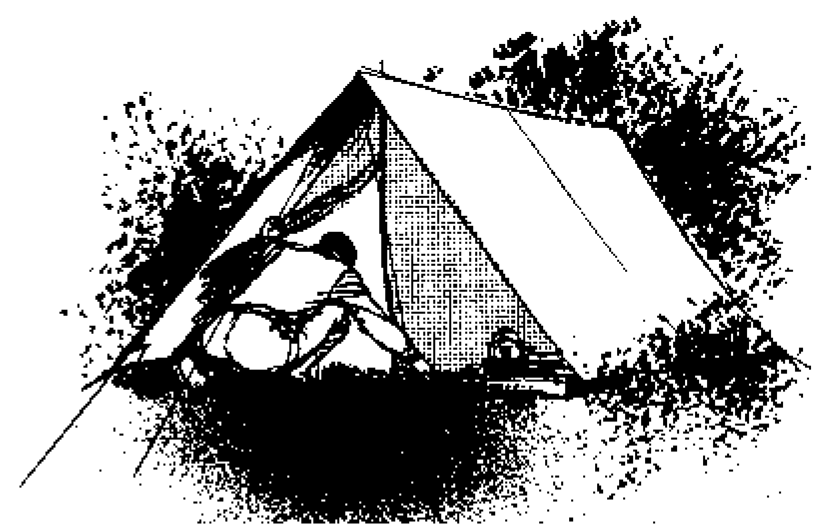


Fig. 1.86. Mesures de protection supplémentaires pour les campeurs: des serpentins anti-moustiques sont disposés juste devant la tente.

• Un répulsif en applications cutanées (deet, par exemple) peut être pulvérisé sur le treillis de protection pour empêcher les insectes de passer pendant plusieurs jours. De toute manière il est préférable que le treillis soit traité par un pyréthrinoïde à action prolongée, soit en pulvérisations, soit en bain dans une solution adéquate; on peut de la sorte faire une économie et obtenir une prolongation de l'effet sur plusieurs mois. De tous ces pyréthrinoïdes, seules la perméthrine et la fluméthrine existent en bombes aérosols (voir p. 104). Une autre solution consiste à tremper le treillis de protection dans une émulsion de pyréthrinoïde. Les doses sont les mêmes que pour les moustiquaires (voir tableaux 1.3 et 1.4). On peut également humecter le treillis avec une éponge. Les bombes aérosols courantes, qui contiennent des insecticides à effet de choc, ne conviennent pas pour le traitement des treillis protecteurs car leur action insecticide n'est pas durable. Par ailleurs, il est déconseillé de tremper la tente elle-même dans un concentré émulsionnable (voir encadré).

Traitement de la surface intérieure d'une tente.

Les nomades, les militaires, les réfugiés et autres personnes qui vivent sous la tente dans des zones où sévissent des maladies à transmission vectorielle ou, tout du moins, où les insectes constituent une nuisance, peuvent dans certaines conditions se protéger en traitant la surface intérieure de leur tente. On peut ainsi, tout comme dans une habitation en dur, tuer les moustiques et les phlébotomes qui se reposent à l'intérieur et se débarasser d'une partie de la vermine.

Du fait que les occupants sont en contact assez étroit avec le matériau de la tente, il ne faut pulvériser que des insecticides à effet rémanent de faible toxicité pour l'Homme, comme c'est le cas des pyréthrinoïdes. Pour la perméthrine, on recommande une dose de 0,5 à 1,0 g par m^2 de surface intérieure. Lorsque le matériau de la tente est un tissu épais, il faut procéder comme pour les murs d'une habitation en dur. Les poudres mouillables ne conviennent pas à cet usage et il faut les remplacer par des concentrés émulsionnables (*120*). Toutefois, on évitera d'utiliser ces concentrés pour traiter des matériaux imperméabilisés car cela pourrait nuire à l'imperméabilisation. Dans ce dernier cas, on peut utiliser une émulsion de type huile-dans-l'eau.

Feuilles traitées pour la protection d'abris temporaires

Un certains nombre de personnes qui sont amenées à se déplacer, utilisent des abris temporaires: chercheurs d'or, chasseurs, bûcherons, saigneurs d'arbres à caoutchouc et peuplades forestières semi-nomades. En outre, les occupants de nouveaux établissements humains peuvent avoir à habiter pendant un certain temps des logements qui ne sont pas terminés. Ces divers abris n'offrent guère de protection contre les insectes piqueurs et leurs occupants sont souvent amenés à utiliser des moustiquaires et des serpentins pour être moins piqués.

Outre les moustiquaires traitées, on peut utiliser des feuilles de tissu ou de plastique, également traitées, qui constituent une protection plus durable (*121*). Ces feuilles se fixent aux piquets sur lesquels repose le toit de l'abri et peuvent également être utilisées pour couvrir portes et fenêtres (Fig. 1.87). Pendant la journée, il suffit de les rouler. Quelques uns des moustiques posés à l'intérieur ou à l'extérieur de la feuille sont tués par l'insecticide, les autres sont repoussés après un bref contact. Ce système a l'avantage supplémentaire de préserver l'intimité et de protéger du vent. Lorsque les occupants quittent l'abri, on peut enlever la feuille pour la réutiliser ailleurs.

Ces feuilles doivent être faites d'une matière résistante, bon marché et qui se prête à un traitement insecticide. Le polypropylène tissé répond à ces exigences et on en trouve à peu près partout. Les pyréthrinoïdes adhèrent bien à cette matière et offrent une bonne résistance au lessivage par la pluie (G.B. White, communication personnelle).

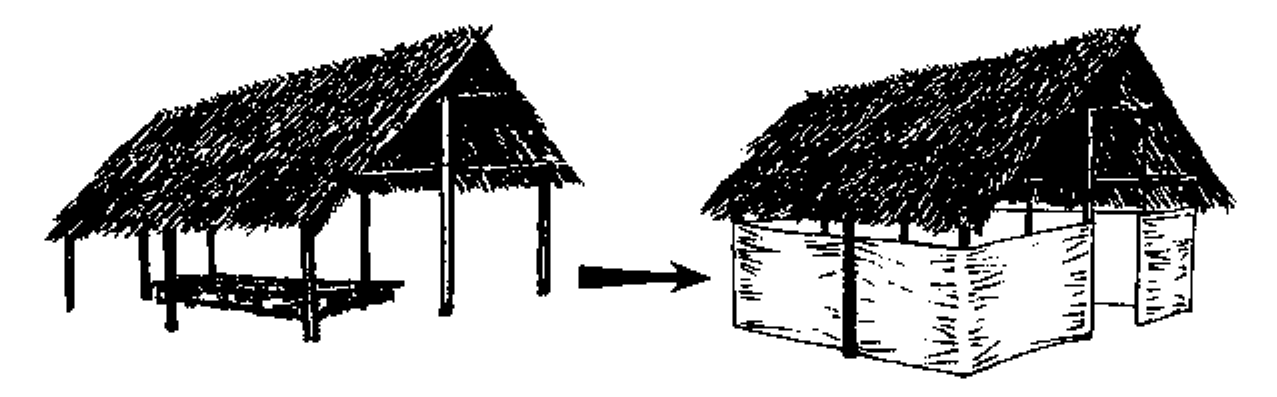


Fig. 1.87. Feuille de polypropylène tissé, traitée par un insecticide, et pouvant être fixée aux piquets d'une habitation temporaire.

Méthode de traitement

On peut procéder par pulvérisation ou par trempage selon la marche à suivre qui figure à la p. 94 Pour gagner du temps et faciliter les choses, on pourra opter pour la pulvérisation si on dispose d'un pulvérisateur (voir p. 103). Les doses recommandées au mètre carré sont les suivantes: perméthrine, 0,75 g; cyfluthrine, 0,05 g; deltaméthrine ou lambdacyhalothrine, 0,025 g.

Evitement et détournement des dipères piqueurs

Evitement

On peut parfois se protéger individuellement en évitant les lieux où l'on sait que des moustiques ou autres diptères piqueurs ont l'habitude de se reposer ou de pondre et en s'abstenant de se rendre dans des endroits à risque aux heures où l'agressivité des insectes est maximale. Pour beaucoup d'espèces, il s'agit des heures qui suivent immédiatement le lever et le coucher du soleil.

Implantation des habitations

De nombreux moustiques et diptères piqueurs volent de préférence face à un léger vent car ce courant leur apporte les odeurs. Par conséquent, au moment d'implanter un nouveau village, de construire une maison ou de monter une tente ou une structure temporaire, on peut, dans une certaine mesure, éviter les moustiques en choisissant un site qui soit sous le vent des gîtes larvaires les plus proches (à condition, bien entendu qu'il y ait des vents dominants). Dans le cas de nouveaux établissements humains en zone de forêt, on pourrait envisager de défricher une bande de terrain de 1 à 2 km de largeur tout autour qui servirait de protection contre les moustiques de la forêt. S'il s'agit de se prémunir contre des phlébotomes, une bande circulaire d'environ 300 m de largeur peut convenir. Il est parfois possible d'éliminer des gîtes et des biotopes potentiels de moustiques par un aménagement de l'environnement: drainage, nivellement, débroussaillage, par exemple (voir p. 125).

On préfère souvent construire sa maison à proximité d'une rivière, d'un ruisseau ou d'un étang pour pouvoir disposer d'une source d'eau. Compte tenu de la situation des biotopes et des gîtes larvaires fréquentés par les vecteurs du lieu, cela peut créer un risque supplémentaire de piqûres. Une solution à ce problème serait d'installer un système de distribution d'eau sous canalisations ou de recueillir l'eau de pluie dans des citernes à l'épreuve des moustiques.

Détournement vers les animaux

Dans certains secteurs, la zooprophylaxie peut constituer un moyen efficace, pour les collectivités ou les personnes, de réduire leur exposition aux insectes piqueurs et par voie de conséquence, la transmission des maladies. Nombreuses sont les espèces de moustiques et de diptères en général qui préfèrent se nourrir sur des animaux plutôt que sur l'Homme. Le redéploiement des troupeaux de bovins ou l'introduction d'animaux domestiques en général peut détourner les moustiques de leurs hôtes humains aux dépens de ces animaux. Les différences d'agressivité ou de morbidité palustre relevées dans un même secteur peuvent parfois s'expliquer par la présence ou l'absence d'animaux domestiques (*122-124*). Si l'on place du bétail entre un établissement humain et les gîtes larvaires ou les lieux de repos diurnes des moustiques, par exemple aux abords d'un village, les animaux vont attirer sur eux les insectes, d'où une certaine protection pour les villageois. Au Japon, l'implantation des abris pour animaux à bonne distance des rizières s'est révélée efficace contre les *Culex* qui véhiculent l'encéphalite japonaise (*14*).

Toutefois, avant de mettre en œuvre cette méthode, il faut que des spécialistes étudient la situation locale. On sait par exemple que dans les zones rizicoles de l'Asie du sud-est, les porcs peuvent servir de réservoir au virus de l'encéphalite japonaise. Si on les garde à proximité des maisons pour détourner à leurs dépens les moustiques qui pourraient piquer les habitants, on court le risque que quelques moustiques ne transmettent la maladie de l'animal à l'Homme et ne créent une situation encore pire que la précédente.

En fait, on ne connaît guère de cas dans lesquels cette méthode a pu être appliquée avec succès pour réduire la nuisance causée par des insectes piqueurs ou faire reculer la transmission d'une maladie. En revanche, on a des exemples de situations où les piqûres de moustiques et la transmission des maladies ont augmenté parce que l'on avait retiré le bétail et les animaux domestiques, ne laissant plus aux insectes piqueurs que les habitants du lieu pour se nourrir. Cela s'est produit notamment lorsque les animaux de trait on été remplacés par des tracteurs, que l'élevage des bovins a été abandonné (*125*) et que de nouveaux établissements humains se sont constitués dans une forêt dont le gibier avait été exterminé par les chasseurs. On a expliqué des épidémies de paludisme survenues en Inde par une diminution de l'effectif du bétail consécutive à une forte sécheresse à laquelle avaient succédé, l'année suivante, de fortes pluies génératrices de nombreux gîtes larvaires pour les moustiques (*126*).

Il est possible que l'efficacité des mesures de lutte antivectorielle prises dans un village donné, dépende de la présence ou de l'absence d'animaux dans ce village. Par exemple, les animaux domestiques sont susceptibles d'augmenter l'efficacité des moustiquaires du fait qu'ils constituent, pour les moustiques qui n'ont pu se nourrir sur les dormeurs abrités, une autre source de repas de sang facilement accessible. Sans la présence, dans un village, d'animaux suffisamment attractifs sur lesquels ils puissent se nourrir, les moustiques affamés vont probablement continuer à rechercher leur nourriture jusqu'à ce qu'ils finissent par trouver un hôte humain non protégé par une moustiquaire (voir l'encadré p. 91).

Epandage d'insecticides

Pulvérisations d'insecticides sur les murs

Les moustiques et les diptères piqueurs en général, passent une partie de leur existence à rechercher des endroits tranquilles et sombres où ils puissent se reposer. Sans les régions sèches, les habitations jouent un rôle important comme lieux de repos pour les phlébotomes. Dans la forêt ombrophile, les insectes sont moins tributaires des habitations et se reposent souvent à l'extérieur, sur la végétation. Il arrive toutefois que des moustiques habituellement exophiles pénètrent dans les habitations à la recherche de nourriture et s'y reposent quelque temps avant et après s'être gorgés.

Lorsque des moustiques et autres insectes se reposent à l'intérieur des habitations, on peut les détruire en pulvérisant sur les murs un insecticide à effet rémanent durable. L'insecte est tué lorsque ses pattes entrent en contact avec l'insecticide. Certains produits ont un effet irritant sur les moustiques et leur font fuir les habitations traitées. Dans des zones sèches et ventées, cela peut entraîner la mort des insectes, faute de lieux de repos extérieurs convenables. Le traitement des murs par un insecticide n'évite pas forcément les piqûres. En effet, un moustique affamé qui pénètre dans une habitation peut très bien commencer par piquer les occupants avant même de se poser sur un mur traité et d'y trouver la mort.

Comme la plupart des anophèles ont un comportement endophile, les programmes de lutte antipaludiques font porter leurs principaux efforts sur le traitement de l'intérieur des habitations (murs et plafond) par des insecticides à effet rémanent. Le traitement des habitations est encore une mesure de lutte importante dans un certain nombre de pays tropicaux, mais dans d'autres, il a perdu de son importance en raison de divers problèmes. Actuellement, on a de plus en plus tendance à opter pour des méthodes moins coûteuses et plus faciles à mettre en œuvre comme l'usage de moustiquaires

imprégnées à l'échelle communautaire, ou dont les résultats sont durables, comme l'élimination des gîtes larvaires.

Si les pulvérisations d'insecticides à effet rémanent à l'intérieur des habitations ne sont généralement pas très efficaces contre *Aedes egypti,* le vecteur de la dengue, ni contre *Culex quinquefasciatus,* le vecteur de la filariose lymphatique, c'est, pour une part tout du moins, en raison de l'habitude qu'ont ces moustiques de se reposer sur les objets que l'on ne traite pas, comme les vêtements, les rideaux et tentures ou autres pièces de tissu pendantes, plutôt que sur les murs et les plafonds (*127*). En outre, *Culex quinquefasciatus* est résistant au DDT et aux autres insecticides organochlorés. Les autres insecticides - à l'exception des pyréthrinoïdes à effet rémanent - seraient trop coûteux pour des activités de lutte qui devraient être poursuivies pendant de nombreuses années. Par ailleurs, un autre problème se poserait en ville, à savoir le nombre important de pièces d'habitation qu'il faudrait traiter.

En milieu rural, le traitement des habitations humaines et des abris pour animaux pour lutter contre les vecteurs de l'encéphalite japonaise appartenant au genre *Culex,* se révèle également inefficace, en règle générale, du fait que ces espèces ont un comportement exophile (*5*).

On peut lutter efficacement contre les phlébotomes, qui ont un comportement endophile, en traitant la surface intérieure des murs, de même que l'intérieur et l'extérieur des portes et des fenêtres et autres ouvertures à l'aide d'insecticides à effet rémanent. Les insecticides, les doses et les techniques de traitement sont les mêmes que pour la destruction des anophèles dans le cadre de la lutte antipaludique. Il est arrivé que l'on traite des habitations uniquement pour lutter contre la leishmaniose, mais dans un petit nombre de régions seulement. Dans la plupart des cas, on donne la priorité à la destruction des vecteurs du paludisme, qui entraîne de surcroît celle des phlébotomes.

Conditions des traitements insecticides

Avant de procéder au traitement insecticide, il faut effectuer des études détaillées pour recueillir des données sur les localités où il y a transmission de maladies, et dans l'affirmative, déterminer quelle est la saison de transmission, identifier le vecteur, voir comment il pique et se repose et quelle est sa sensibilité aux insecticides.

Pour traiter convenablement les habitations avec un insecticide, il faut également disposer d'un personnel dûment formé. Il peut s'agir de spécialistes appartenant à un service public ou de membres de la communauté recrutés par un organisme sanitaire local pour effectuer le travail pendant la saison de transmission. Il faut également pourvoir à l'entretien du matériel et disposer de pièces de rechange.

Comment procéder au traitement

En principe, on pulvérise l'insecticide à l'aide d'un pulvérisateur à pression préalable actionné manuellement. On trouvera au chapitre 9 un exposé sur les formulations d'insecticides à utiliser, les pulvérisateurs, les techniques de traitement et l'entretien du matériel. Le choix de l'insecticide doit se baser sur l'efficacité du produit contre l'espèce visée, son coût et sa disponibilité. Aucune décision ne devra être prise sans consultation préalable des autorités sanitaires.

Que faut-il traiter?

En général, on traite la totalité de la surface intérieure du toit et des murs ainsi que le bas des meubles de grande dimension (Fig. 1.88). Dans certaines régions, les vecteurs ne se reposent que sur la partie basse des murs, par exemple à une hauteur maximale de 1,5 m, de sorte que l'on peut faire une économie non négligeable en ne traitant que cette partie des murs. Inversement, certaines espèces de moustiques préfèrent séjourner dans les hauteurs des habitations, à proximité du toit.

Quand faut-il traiter?

Dans les zones où il y a transmission vectorielle du paludisme ou d'autres maladies selon un rythme saisonnier, il faut traiter juste avant le début de la période de transmission. Cette considération est particulièrement importante lorsqu'on utilise des insecticides à action brève, qui n'assurent de protection que pendant quelques mois. Cela peut poser des problèmes de calendrier aux programmes de grande envergure du fait de la nécessité d'étaler les traitements sur toute la durée de l'année; il faudra veiller à ce que les localités où la morbidité palustre est la plus importante soient traitées en priorité dans les conditions optimales.

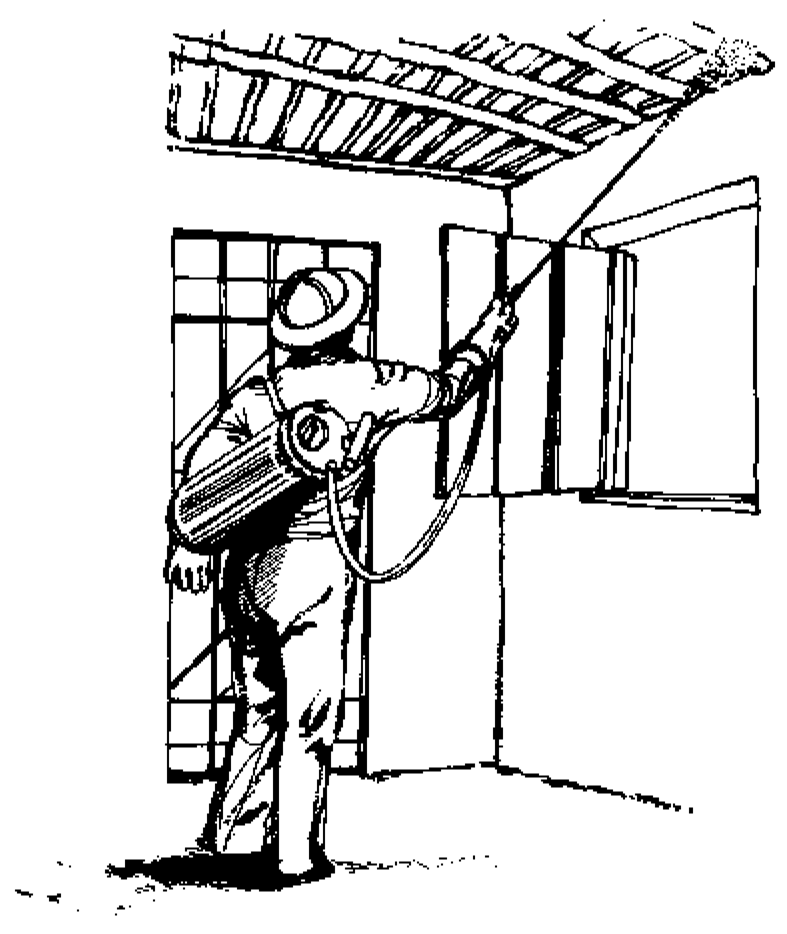


Fig. 1.88. On peut traiter murs et plafonds avec un insecticide à effet rémanent pour éliminer les moustiques endophiles.

Précautions particulières à prendre avant de traiter une habitation

Il faut enlever les meubles et la nourriture ou les placer au centre de la pièce en ayant soin de les recouvrir d'une feuille de plastique pour éviter le dépôt de particules d'insecticide (Fig. 1.89). La personne qui effectue le traitement doit se couvrir la tête et le corps le plus complètement possible, sans oublier les bras et les jambes. Lorsque le traitement s'effectue à l'intérieur, il est recommandé de se protéger la bouche et le nez à l'aide d'un simple masque jetable ou lavable (voir Chapitre 10).

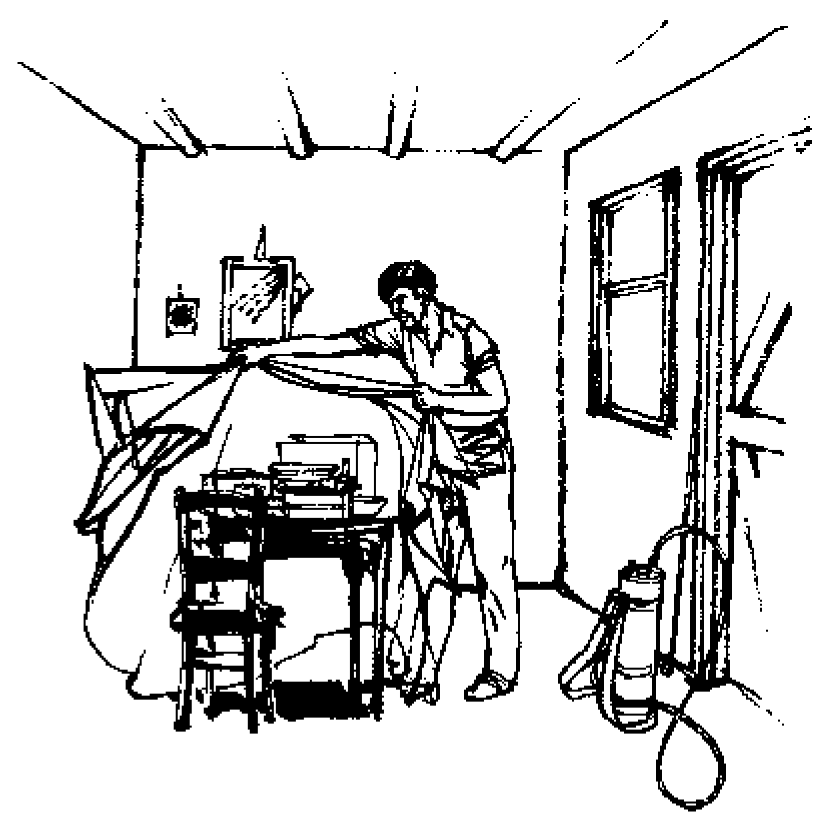


Fig. 1.89. Avant le traitement insecticide, il faut enlever les meubles et la nourriture ou bien les recouvrir d'une feuille de plastique.

Quelques-uns des problèmes que peuvent poser les pulvérisations dans les habitations

- Dans certaines régions, les vecteurs peuvent être résistants aux insecticides.

- Les pulvérisations d'insecticides sur les murs peuvent laisser un dépôt visible, notamment si on utilise une poudre mouillable en suspension. On peut améliorer les choses en utilisant un concentré émulsionnable du même insecticide ou encore un insecticide plus actif qui permettra de réduire la dose par unité de surface (par exemple, un pyréthrinoïde). Cependant, certaines des autres formulations et insecticides qui pourraient convenir à cet égard risquent de se révéler trop coûteux pour une utilisation à grande échelle.

- Il peut y avoir des objections d'ordre religieux à ce type de traitement.

- Le lavage ou le replâtrage des murs - pour des raisons culturelles ou religieuses,

notamment - rendent les insecticides partiellement ou totalement inefficaces.

- La collectivité peut voir d'un mauvais œil l'arrivée d'étrangers dans les maisons, par crainte qu'ils ne commettent des vols ou se conduisent mal vis-à-vis des femmes.

- Un certain nombre d'insectes nuisibles, comme les punaises de lit, ont acquis une résistance au DDT et à d'autres insecticides. Dans ces conditions, le traitement des habitations n'offre plus l'avantage supplémentaire de les éliminer. En outre, on estime généralement que les pulvérisations d'insecticides les rendent encore plus agressifs.

Autres méthodes de traitement insecticide des murs

Sur les surfaces qui s'y prêtent (bois, plâtre, par exemple), on peut appliquer des peintures insecticides (Fig. 1.90). Cette méthode est plus longue, mais elle ne nécessite pas de pulvérisateurs. Si le mur doit être peint ou repeint de toute manière, la seule dépense supplémentaire sera d'acheter l'insecticide.

Ces peintures insecticides existent dans le commerce, mais on peut aussi les préparer soi-même en ajoutant un insecticide à de la peinture ordinaire. Un certain nombre de facteurs sont toutefois à prendre en considération:

- la peinture doit avoir un pH neutre car la plupart des insecticides se décomposent rapidement lorsqu'on les mélange avec une émulsion alcaline;

- l'insecticide doit avoir une forte tension de vapeur pour pouvoir migrer vers la surface de la peinture (comme par exemple le propoxur, le pirimiphos-méthyl ou le fénitrothion).

Dans les régions où l'on a l'habitude de replâtrer les surfaces murales en pisé ou en ciment, on a essayé d'incorporer l'insecticide au plâtre avant de l'appliquer. Cette méthode n'est pas recommandée car on perd ainsi presque tout l'insecticide qui ne peut plus entrer en contact avec les insectes.

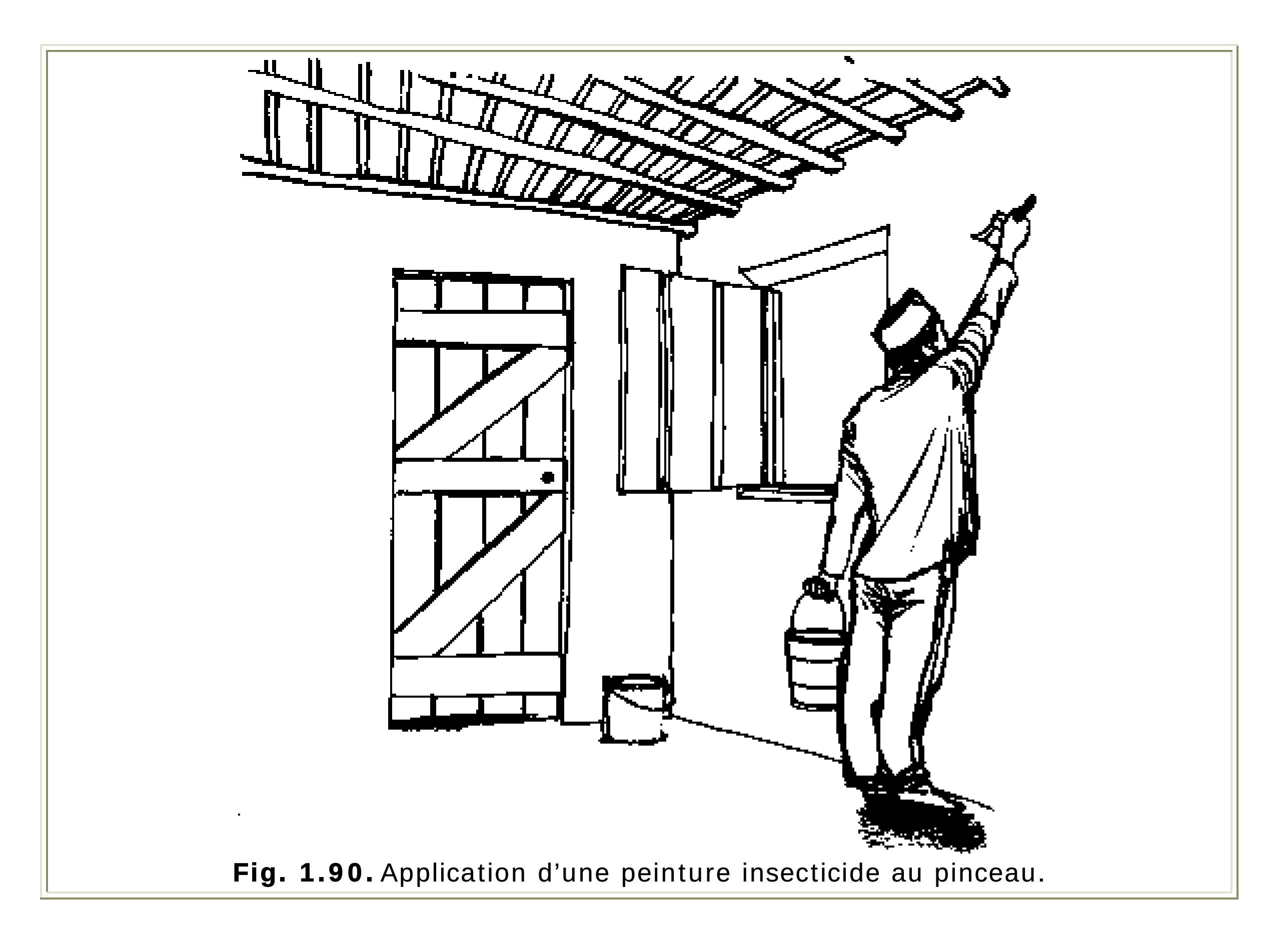


Fig. 1.90. Application d'une peinture insecticide au pinceau.

Pulvérisations spatiales d'insecticides

On utilise parfois des insecticides en aérosols pour détruire les insectes en vol ou au repos lorsqu'on cherche un résultat immédiat, ce qui est le cas par exemple en situation d'épidémie ou en présence de fortes densités d'insectes incommodants qui menacent la santé publique (Fig. 1.91). Comme l'action insecticide n'est pas très durable, il faut en général recommencer les pulvérisations un certain nombre de fois. On peut appliquer cette méthode à l'intérieur et aux alentours des habitations en milieu urbain ou rural et même aussi traiter les lieux de repos extérieurs des insectes, situés par exemple dans des zones de végétation dense ou des marécages d'eaux saumâtres. Il faut disposer d'un équipement spécial, par exemple, de brumisateurs motorisés portés sur le dos ou de nébulisateurs thermiques avec bretelle d'épaule. Il existe également des générateurs d'aérosols montés sur véhicule ou aéronef. Les pulvérisations spatiales se font également au moyen de générateurs de brouillard thermique ou froid ou encore sous volume ultrafaible (*128, 129*).

Acceptation des pulvérisations spatiales par les communautés

De nombreuses communautés s'inquiètent de l'utilisation d'insecticides qui sont susceptibles d'avoir des effets nocifs sur la santé et l'environnement. Il s'ensuit que la population peut se montrer plus ou moins coopérative, mais dans des proportions qui varient selon le pays et la localité. Toutefois, si l'on parvient à bien faire passer l'information, notamment pendant les épidémies ou en cas de nuisance grave, on pourra obtenir que les habitants répondent plus volontiers à la demande officielle de

laisser portes et fenêtres ouvertes pour que les aérosols ou les brouillards insecticides pénètrent mieux à l'intérieur. L'épandage d'insecticides au moyen de pulvérisateurs montés sur véhicules a un caractère ostensible souvent exploité par les dirigeants politiques désireux de montrer qu'ils font le nécessaire pour réduire les nuisances et la transmission des maladies.

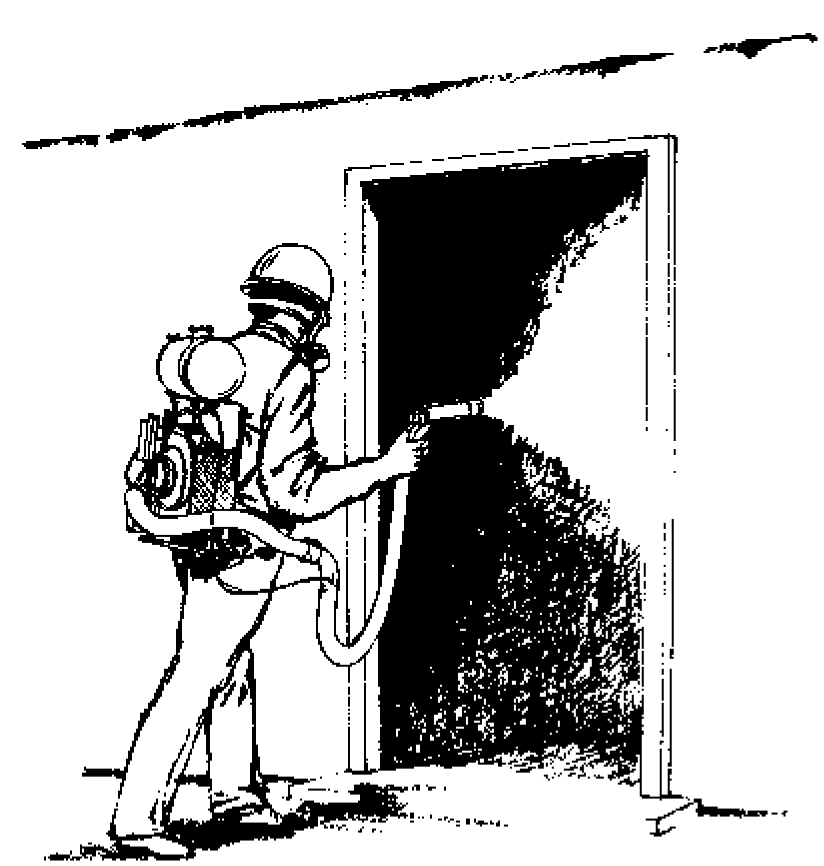


Fig. 1.91. On peut procéder à des pulvérisations spatiales en situation d'épidémie ou lorsque la densité des moustiques incommodants devient intolérable.

Les pulvérisations spatiales ont un certain nombre d'avantages et d'inconvénients comparativement au traitement des murs par des insecticides à effet rémanent.

Avantages:

- effet immédiat sur les populations d'insectes adultes, d'où leur intérêt pour lutter contre les flambées épidémiques;

- nécessitent moins de main d'œuvre pour un même traitement et permettent de traiter rapidement des superficies importantes;

- pour un même traitement en zone urbaine la quantité d'insecticide est moindre;

- les moustiques qui ne sont pas au repos dans les habitations sont également tués.

Inconvénients:

- importantes dépenses renouvelables. L'effet des pulvérisations n'a qu'une durée limitée et on peut être amené à faire de nouvelles pulvérisations;

- le coût de l'équipement est élevé, de même que les frais d'exploitation et d'entretien;

- il est nécessaire de disposer d'un personnel spécialisé pour entretenir et réparer le matériel;

- en raison des frais élevés, on ne peut guère multiplier les épandages en milieu rural;

- il y a un risque de pollution et de contamination des zones et des organismes qui ne sont pas visés par le traitement;

- dans certaines régions, les habitants sont réticents à accepter cette technique en raison des odeurs et parce qu'ils pensent qu'elle peut nuire à leur santé.

Elimination des gîtes larvaires

On trouvera dans ce qui suit des renseignements pratiques sur les moyens d'empêcher la prolifération des moustiques. Le problème des autres diptères piqueurs n'a pas été abordé car les méthodes utilisables dans ce cas ne sont généralement pas à la portée des non spécialistes.

Les moustiques n'ont pas tous les mêmes préférences pour ce qui est de leurs lieux de ponte. Par exemple, certaines espèces se reproduisent dans des récipients d'eau claire à proximité ou à l'intérieur des habitations, alors que d'autres préféreront les eaux polluées d'un réseau d'égouts ou encore des gîtes artificiels ou naturels en milieu rural. Pour connaître la nature et le lieu exacts des gîtes larvaires de l'espèce qu'on cherche à éliminer, il faut généralement s'adresser à un spécialiste qui procédera à une étude minutieuse. Une fois que l'on a situé les lieux de ponte, les moyens à mettre en œuvre pour les éliminer peuvent être simples et peu coûteux.

Dans l'environnement domestique, ce genre d'étude a moins d'importance: en effet, la plupart des gîtes larvaires situés à proximité et à l'intérieur des habitations sont faciles à repérer et il n'est pas très compliqué de les éliminer. Les membres de la communauté peuvent et doivent éliminer tous les gîtes larvaires qu'ils ont pu observer chez eux, quelle que soit par ailleurs l'importance de l'espèce en cause en tant que simple nuisance ou vecteur de maladie.

La destruction des larves peut être la seule méthode efficace lorsque les moustiques ont un comportement exophile et que, par conséquent, ils ne pénètrent pas à l'intérieur pour se reposer ou se nourrir, ou encore, lorsqu'ils résistent aux insecticides existants. La destruction des larves a un avantage important: certaines des mesures mises en œuvre à cet effet assurent une protection permanente. Les moustiques peuvent être éliminés de manière durable par la modification ou la suppression de leurs lieux de ponte; c'est ce que l'on entend par suppression des sources de prolifération. Ces mesures peuvent consister par exemple à couvrir ou à grillager les récipients ou réservoirs contenant de l'eau, à assécher les marais et les mares, combler les fossés, les étangs etc... Parmi les mesures à caractère semi-permanent qu'il faut reprendre de temps à autre, on peut citer l'élimination des déchets et des récipients susceptibles de servir de gîtes larvaires, le débroussaillage des berges des

étangs et des ruisseaux, la modification du niveau des lacs et des retenues d'eau, le curage des cours d'eau et la réparation des drains.

Dans les villes comme à la campagne, de nombreux gîtes larvaires résultent de l'activité humaine et il faut éviter d'en créer dans toute la mesure du possible. On peut citer par exemple les vieilles bouteilles ou boîtes de conserve, les robinets et les tuyaux qui fuient, les systèmes de drainage et les réseaux d'égouts mal conçus, les réseaux d'irrigation défectueux, les trous d'emprunt et les retenues d'eau.

Il est également possible de détruire les larves sans modifier un site. Par exemple, on peut peupler les retenues d'eau de poissons larvivores ou épandre des produits toxiques pour les larves: substances chimiques, larvicides bactériens, pétrole ou huiles larvicides diverses ou encore billes de polystyrènes déposées à la surface de l'eau.

La destruction des larves n'a pas d'effet immédiat sur le nombre des moustiques piqueurs et il peut s'écouler plusieurs jours, voire plusieurs semaines avant que l'on constate une réduction appréciable. La destruction des larves protège la communauté ou les foyers situés dans le périmètre visé plutôt que les individus en tant que tels: tous ceux qui vivent à proximité de l'endroit où se trouvaient les gîtes larvaires en bénéficieront. D'un autre côté, les moustiques continueront à sévir si, non loin de là, subsistent d'autres gîtes larvaires.

La lutte contre les larves consiste à:

- éliminer les lieux de ponte ou les modifier pour que les larves ne puissent plus s'y développer;

- rendre les lieux de ponte inaccessibles aux moustiques adultes;

- introduire dans les lieux de ponte des poissons larvivores ou autres prédateurs de ce genre;

- épandre des larvicides.

Quel est le bien-fondé de la lutte antilarvaire?

La destruction des gîtes larvaires doit s'effectuer aux alentours des établissements humains, sur un périmètre dont le rayon soit supérieur à la distance de vol des moustiques visés. Pour de nombreuses espèces, cette distance est de 1,5 à 2 km. Les mesures de lutte qui n'ont pas un caractère permanent ne doivent pas être interrompues tant que le moustique se comporte comme un vecteur de maladie. La somme d'efforts et de dépenses qu'il faut consentir pour obtenir un résultat effectif sur une zone aussi vaste, varie peu avec la dimension de l'établissement humain à protéger. Le coût par tête de la lutte antilarvaire est donc plus élevé dans les zones où la population est clairsemée que dans les zones densément peuplées. En revanche, le coût par tête des mesures de démoustication dirigées contre les imagos, comme l'utilisation de moustiquaires traitées ou les pulvérisations d'insecticides à l'intérieur des logements, est sensiblement le même en milieu rural qu'en milieu urbain. En milieu urbain, la lutte antilarvaire est souvent plus économique que la destruction des imagos.

Là où la transmission du paludisme est intense, il faut éliminer la presque totalité des gîtes larvaires d'anophèles pour que la prévalence de la maladie diminue. En effet, même si sa densité est fortement réduite, une population d'anophèles peut être en mesure de maintenir la prévalence du paludisme à un niveau élevé. Les meilleures conditions de réussite de la lutte antilarvaire sont les suivantes: gîtes larvaires - en nombre limité; - facilement repérables; - faciles d'accès. C'est la meilleure option lorsque: - les moustiques ne pondent que pendant une courte période; - les mesures dirigées contre les imagos sont inefficaces ou difficilement acceptables pour des raisons culturelles; - les mesures visant à une réduction permanente des sources de prolifération sont plus économiques que celles qui doivent être répétées périodiquement.

Réduction des sources de prolifération

On entend par réduction des sources de prolifération toute mesure qui fait obstacle à la reproduction des moustiques ou conduit à l'élimination de leurs gîtes larvaires. S'il s'agit de mesures dont les effets sont durables ou qui conduisent à une modification permanente du site, on parle de transformation de l'environnement. Lorsqu'il s'agit de mesures à caractère temporaire qu'il faut reprendre à plus ou moins longue échéance, on parle d'aménagement de l'environnement. L'assèchement des zones marécageuses, la bonification des terres et autres mesures à caractère permanent, ont été mises en œuvre dès le début du siècle. Dans bien des régions, elles ont joué un rôle important dans l'élimination ou le recul des maladies à transmission vectorielle.

Transformation de l'environnement

Enlèvement ou destruction des gîtes larvaires

On peut procéder à l'enlèvement ou à la destruction des petits récipients tels que boîtes de conserve, bouteilles, pneus ou coques de noix de coco qui peuvent servir de gîtes larvaires. C'est d'ailleurs ainsi que l'on procède pour empêcher la prolifération de *Aedes aegypti* et de *A. albopictus.*

Comblement

Le comblement des gîtes larvaires de moustiques au moyen de pierres, de terre, de plâtras, de cendres ou de déchets représente la mesure la plus durable possible. Elle convient parfaitement pour la réduction des gîtes larvaires constitués de faibles dépressions, de trous d'eau, de trous d'emprunt, de fossés ou d'étangs non entretenus, pour lesquels on n'a pas besoin d'un remblai important. Tant qu'on opère à

petite échelle, il n'est pas nécessaire de disposer de compétences particulières et les membres de la communauté peuvent faire le travail avec le matériel le plus simple: pelles, pioches, brouettes, charrettes etc... Pour des travaux de plus grande envergure, il peut être préférable d'utiliser du matériel lourd: tracteurs et autres engins motorisés, par exemple. On évitera de remblayer en créant ailleurs d'autres gîtes larvaires.

Si on utilise des déchets comme remblai, on devra les tasser et les couvrir de terre pour éviter d'attirer les mouches. Après comblement, on ajoutera de la bonne terre et on nivellera le tout pour rendre le site agréable et utilisable éventuellement comme terrain à bâtir, aire de jeux etc... On peut envisager une collaboration avec des firmes industrielles, des entreprises agricoles ou des services publics pour leur demander de faire déposer gratuitement leurs rebuts sur le site par leurs propres camions.

Lorsque l'on envisage de remblayer des superficies très importantes, on peut utiliser pour un prix modique les déblais d'une mine, les matériaux de draguage d'un port, les débris d'immeubles en démolition etc...

Drainage

Pour drainer l'eau d'un terrain, on peut mettre en place un réseau de drains et de chenaux à ciel ouvert avec vannes, canalisations souterraines et système de pompage. Un drainage correct réduit la prolifération des moustiques, mais il est vrai que les réseaux de drainage utilisés en agriculture ou pour l'évacuation des eaux d'égout et des eaux de pluie constituent souvent eux-mêmes d'importants gîtes larvaires par suite de fautes de conception et d'un entretien insuffisant. Les fuites, les obstructions, les poches d'eau et les petites flaques résiduelles créent souvent de bons lieux de ponte pour les moustiques. La conception et la construction d'un réseau de drainage sont des tâches complexes qui nécessitent l'intervention d'ingénieurs. Toutefois, certaines installations de taille modeste destinées à éviter la prolifération des moustiques sont à la portée de personnes moins qualifiées disposant d'un équipement de base (*130*).

Fossés à ciel ouvert

Le creusement de fossés à ciel ouvert ne pose pas de problèmes. Ces fossés ont pour but d'éviter l'accumulation des eaux de pluie en excès dans les dépressions du sol et de permettre l'assèchement des zones marécageuses, des trous d'emprunt, des mares et autres collections d'eau superficielles.

Schéma général du réseau. L'eau s'écoule par les fossés jusqu'à un exutoire situé en contrebas et qui débouche dans un émissaire: rivière, ruisseau, étang, puits perdu ou fossé collecteur principal. Les fossés doivent suivre le cheminement naturel de l'eau à la surface du sol. Pour éviter l'érosion de leur surface intérieure, il faut s'arranger pour qu'ils soient aussi rectilignes et courts que possible. Dans la mesure du possible, il faut également éviter les coudes brusques (Fig. 1.92).

A côté du fossé collecteur principal, il peut y avoir plusieurs fossés latéraux ou secondaires destinés à recueillir l'eau, mais qui ne débouchent pas immédiatement dans le collecteur. Toutefois, il vaut mieux qu'il y en ait le moins possible pour réduire l'entretien.

Au point de jonction avec le collecteur, le fossé latéral doit faire un angle d'environ 30 degrés avec la direction du courant. Si l'angle est plus ouvert, le courant provenant du fossé latéral risque de provoquer une érosion de la paroi opposée du collecteur. Il est préférable que le fossé latéral débouche légèrement au-dessus du niveau normal de l'eau du collecteur.

Pente. Pour que l'eau s'écoule avec une vitesse suffisante, il faut que la pente soit comprise entre 1 et 5 cm pour 10 m. Si la pente est trop forte et la vitesse trop élevée, il y aura érosion du fond et des parois des fossés.

Forme (*section*)*.* La section optimale à donner au fossé dépend, entre autres, de la texture du sol. Dans un sol stable - argileux, par exemple - on peut avoir des parois verticales, mais dans un sol sablonneux on peut être amené à leur donner une inclinaison de 4:1, c'est à dire 40 cm horizontalement pour 10 cm verticalement. Dans la plupart des sols, l'inclinaison des parois est de 1:1 à 2:1.

Profondeur. Elle dépend de la hauteur de la zone à drainer et du dégorgement. Le fond de fouille doit être 15 cm plus bas que le fond de la mare, du marécage ou autre à drainer.

Déblai La fouille doit commencer au niveau du dégorgement et progresser de l'aval vers l'amont. Les dépressions du sol seront comblées au moyen des déblais.

Si on décide de laisser les déblais le long de la tranchée, il faut les étaler ou les entasser de manière à constituer de chaque côté un talus de remblai régulier que l'on situera à une certaine distance du bord pour éviter que la terre ne soit entraînée à l'intérieur du fossé. Le talus de remblai qui longe la tranchée doit être percé de rigoles rapprochées pour permettre l'évacuation des eaux dans le fossé (Fig. 1.93).

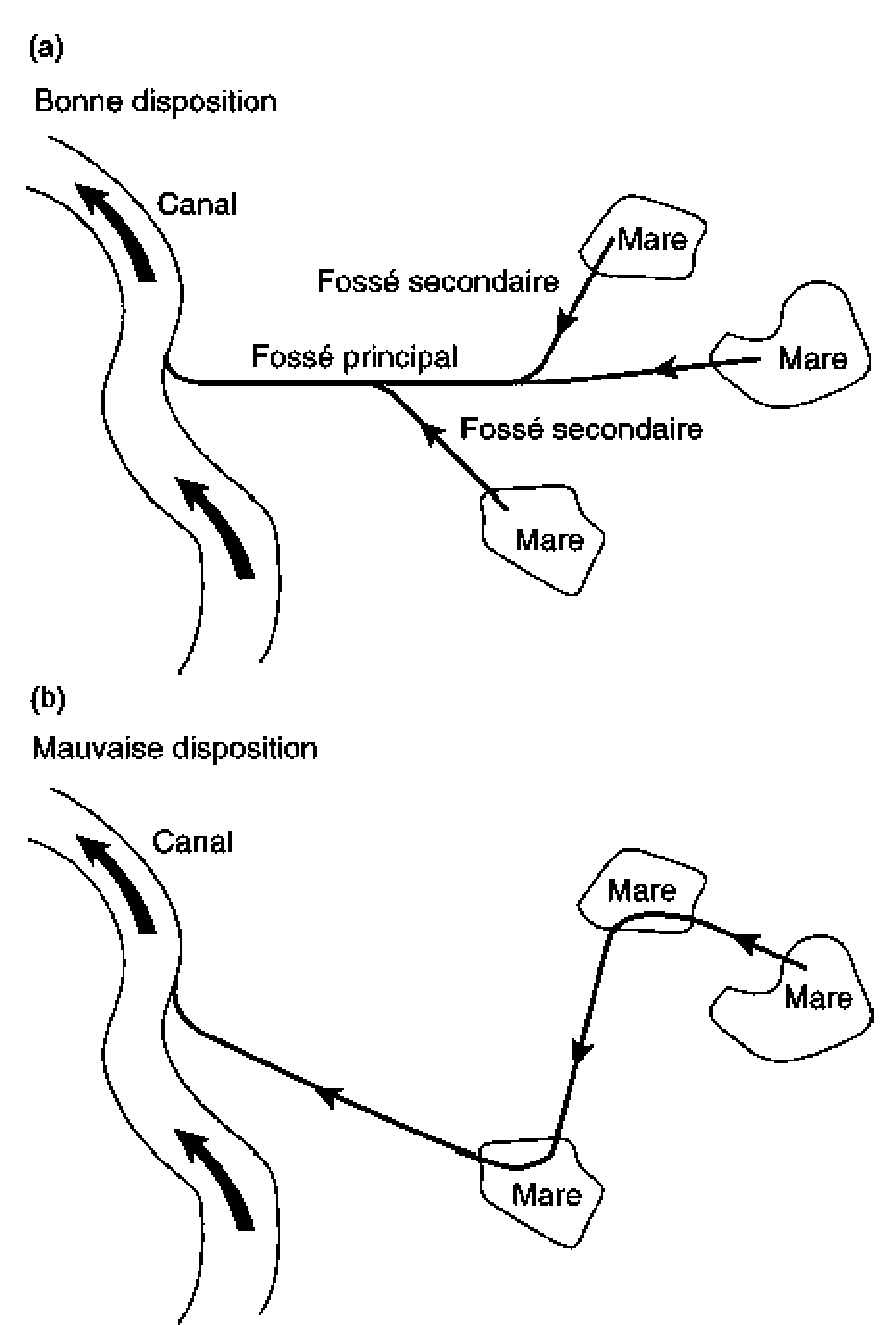


Fig. 1.92. Assèchement des mares. a) bonne disposition; b) mauvaise disposition (*131*).

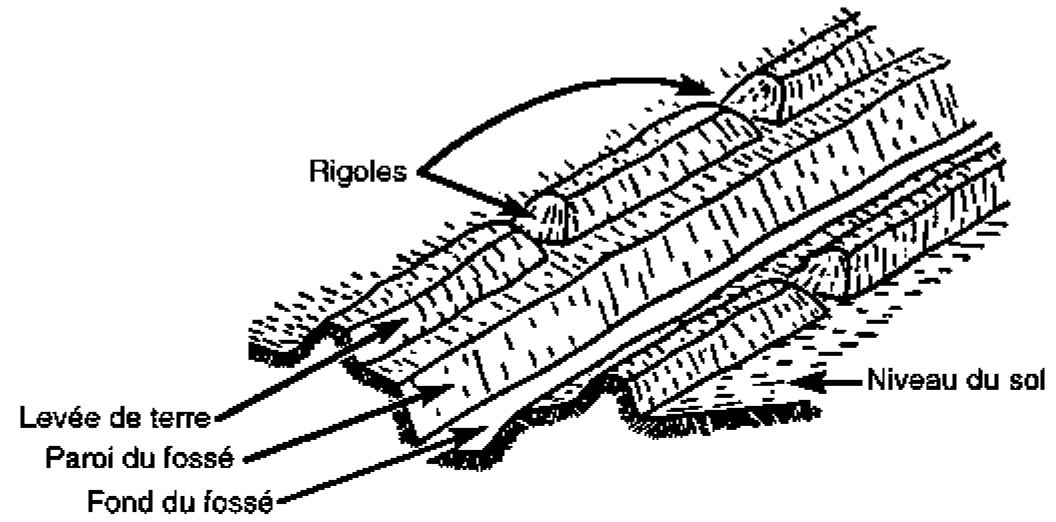


Fig. 1.93. Talus de remblai constitué d'une levée de terre située à une certaine distance du bord d'un fossé. Des rigoles, disposées de loin en loin perpendiculairement au talus, permettent l'évacuation des eaux dans le fossé (*132*).

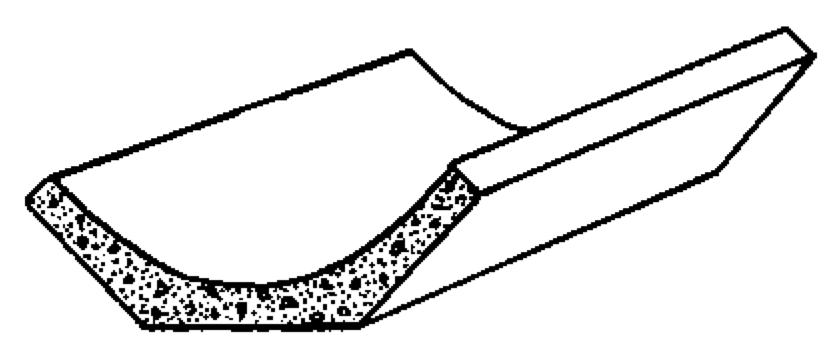


Fig. 1.94. Plaque en béton moulé utilisée pour le revêtement des fossés (*131*).

Revêtement des fossés. Si nécessaire, on peut maçonner les bords du fossé pour les stabiliser, ce qui est également possible, plus simplement, au moyen de briques, de perches ou de gazon. En général, cette stabilisation est nécessaire lorsque l'écoulement des eaux est turbulent, par exemple à proximité d'un coude, ou à la jonction d'un fossé latéral avec un collecteur. Le revêtement améliore le fonctionnement des fossés de drainage et réduit les dépenses d'entretien. Les fossés durent plus longtemps, ils sont plus faciles à nettoyer, demandent moins de surveillance et finalement reviennent moins cher que les tranchées à ciel ouvert. De toute façon, les tranchées à ciel ouvert ne sont d'aucune utilité dans les régions qui connaissent de fortes précipitations.

On peut constituer un revêtement rudimentaire de pierres plates dont on bouche les interstices avec des petits cailloux maintenus par du ciment. Une autre solution consiste à construire une dalle de béton de 4 à 5 cm d'épaisseur, renforcée par un un trellis de fil de fer. On a également l'habitude d'utiliser des plaques préfabriquées jointives. Elles sont généralement en béton et mesurent de 60 à 70 cm. Leur section représente une portion de cylindre et elles comportent un joint qui en facilite la pose dans un fossé spécialement préparé (Fig. 1.94). Dans les fossés de grande dimension, on peut les surmonter de plaques de gazon ou de béton (Fig. 1.95). Il n'est pas toujours nécessaire de poser un revêtement dans un fossé de petite dimension; en

général, il suffit de revêtir le fond et les parois jusqu'à une hauteur de 8 cm au-dessus du niveau normal de l'eau. Les bords doivent être débarrassés de la végétation.

Caniveaux d'assainissement. Lorsqu'il faut faire passer un drain sous une route ou une banquette, on a recours à un caniveau d'assainissement auquel on donne une pente plus importante pour éviter tout colmatage par accumulation de débris et de vase (Fig. 1.96). Ces caniveaux peuvent être en bois, en béton, en tôle ondulée ou en plastique. Ces deux derniers matériaux sont préférables car ils ont une meilleure résistance à l'effort que les autres. On peut confectionner des canalisations bon marché avec de vieux fûts de pétrole dont on a enlevé le fond.

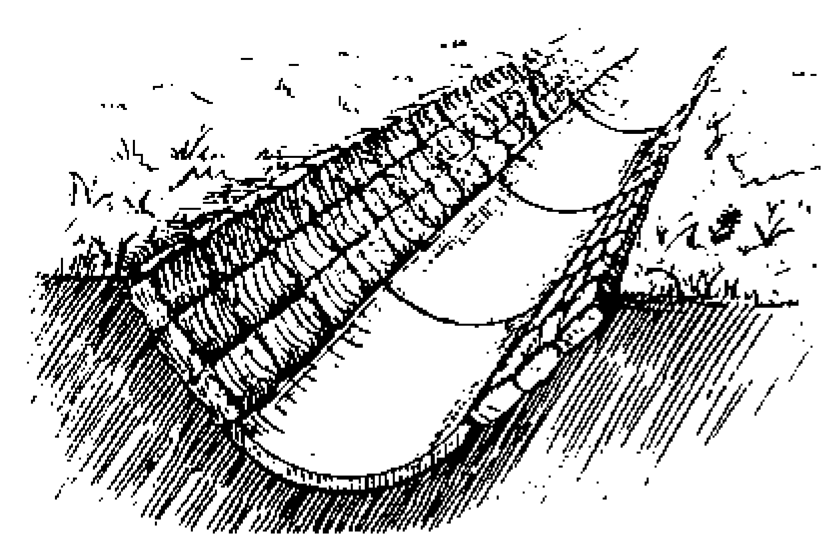


Fig. 1.95. Fossé revêtu de béton et de gazon (*131*).

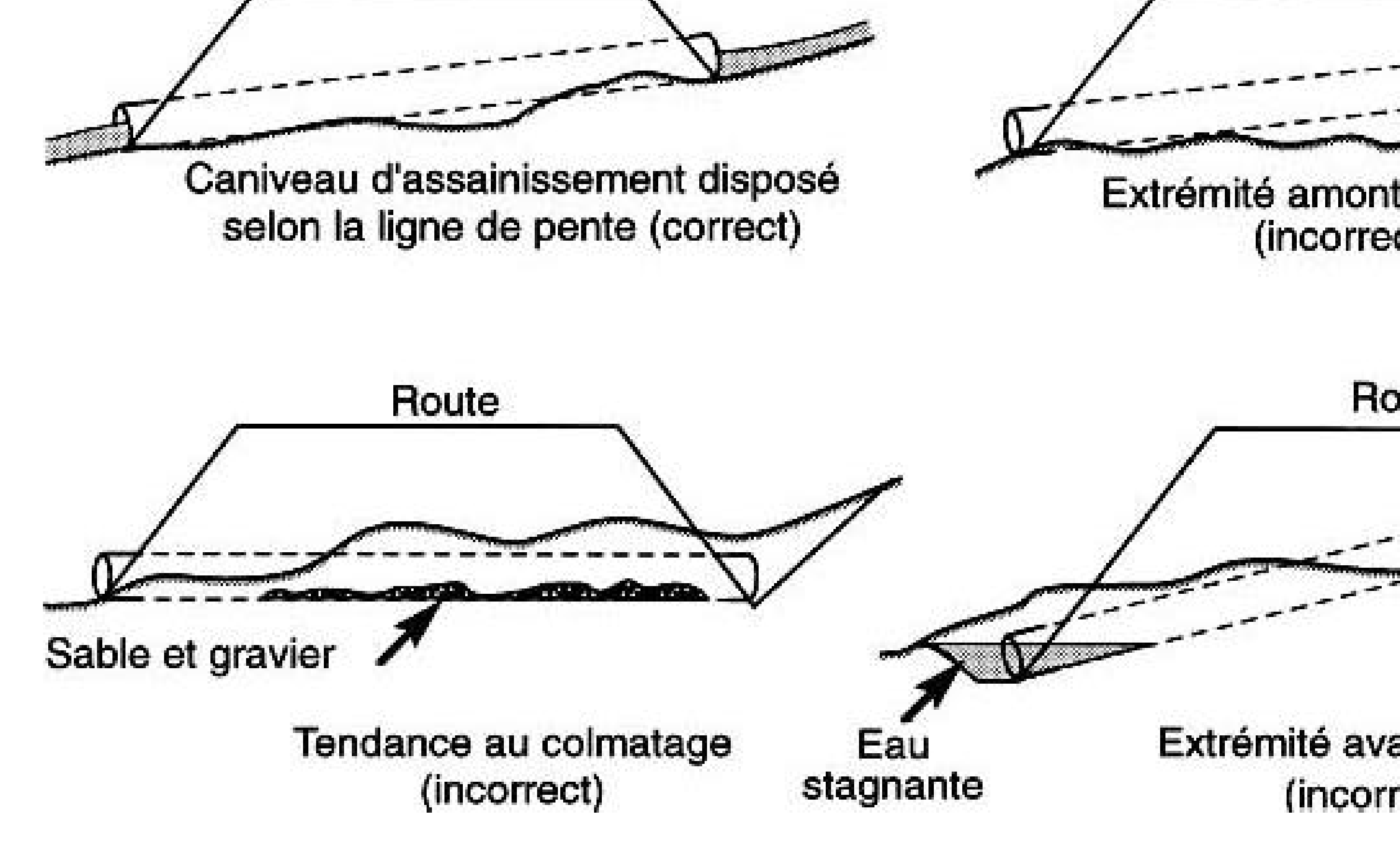


Fig. 1.96. Disposition correcte et incorrecte d'un caniveau d'assainissement (adapté de *131*).

Drainage par réseaux enterrés

Ce type de drainage est plus coûteux que le drainage à ciel ouvert et son intérêt est donc limité en ce qui concerne la démoustication. On fait appel à cette méthode lorsque la surface ne peut pas être interrompue par des fossés qui gêneraient la libre circulation et l'utilisation des sols ou encore lorsque l'instabilité du sol est telle qu'il est impossible d'assurer la permanence des fossés. Ce système a l'avantage d'éviter tout colmatage par des végétaux ou des ordures. En général, il n'exige qu'une surveillance minimale et il rend inutile le recours à des mesures antilarvaires supplémentaires, comme l'épandage d'insecticides ou d'huiles minérales.

Le drainage souterrain est souvent utilisé dans les zones irriguées pour assainir les terrains et améliorer la production agricole. En Malaisie, on a mis en place des réseaux enterrés spécialement conçus pour éviter la prolifération des moustiques, le but étant, dans un premier temps, de faire baisser le niveau des nappes phréatiques, de manière à ce que les eaux de surface s'infiltrent plus facilement. On utilise également ce genre de réseau enterré pour recueillir les eaux qui ruissellent le long des pentes et drainer les torrents qui dévalent les hauteurs.

Pour réaliser le plus simplement un drain de ce type, il suffit de combler un fossé profond avec de grosses pierres qui offrent peu de résistance au passage de l'eau. On

recouvre ensuite les pierres avec des feuilles - de palmier par exemple - , des aiguilles de pin ou du sable grossier pour jouer le rôle de filtre (Fig. 1.97). On évite ainsi que de la vase ou de l'argile ne vienne colmater la partie basse du drain. On peut aussi garnir le fond du drain de grosses perches de bois (bambou, par exemple) ou de demi-coques de noix de coco renversées, après quoi on recouvre de grosses herbes ou de détritus et d'une couche finale de terre.

Les tuyaux en grès vernissé peuvent servir à constituer des drains efficaces. On les dispose bout à bout sur le fond d'une tranchée de faible profondeur, à environ 0,5-2 m en dessous du niveau du sol. On évite d'étanchéifier les joints de manière à ce que l'eau puisse pénétrer. A leur partie supérieure, les joints sont recouverts de détritus, de feuilles, de bandes de papier kraft, de plastique ou autre matériau résistant de façon à réduire l'envasement (Fig. 1.98). Il faut disposer les tuyaux de manière rigoureusement rectiligne en leur donnant une pente comprise entre 1:200 et 1:400, selon la quantité d'eau à évacuer. Les eaux grasses et les ordures ménagères ne doivent absolument pas pénétrer dans le réseau. Là où les tuyaux sont proches de la surface, il faut construire des pontets pour éviter que des véhicules ne les écrasent.

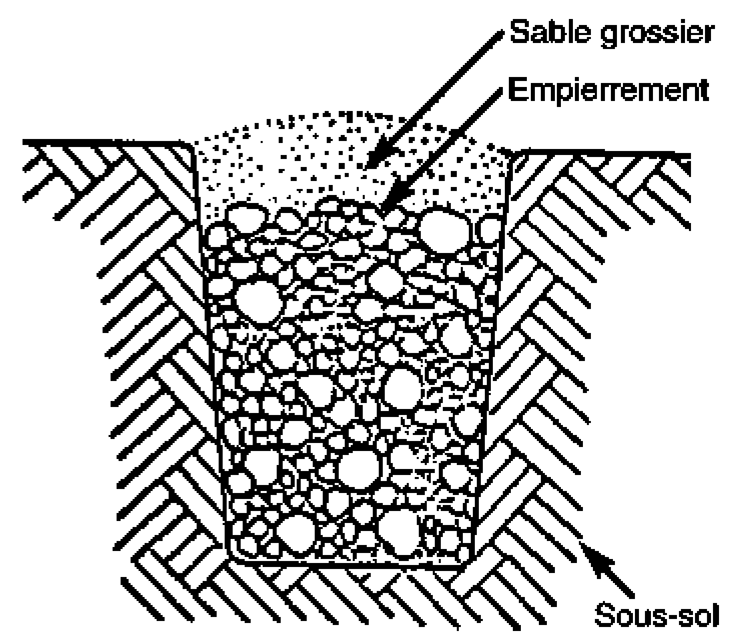


Fig. 1.97. Section d'un simple drain enterré: il s'agit d'un fossé empierré recouvert de sable grossier (*130*).

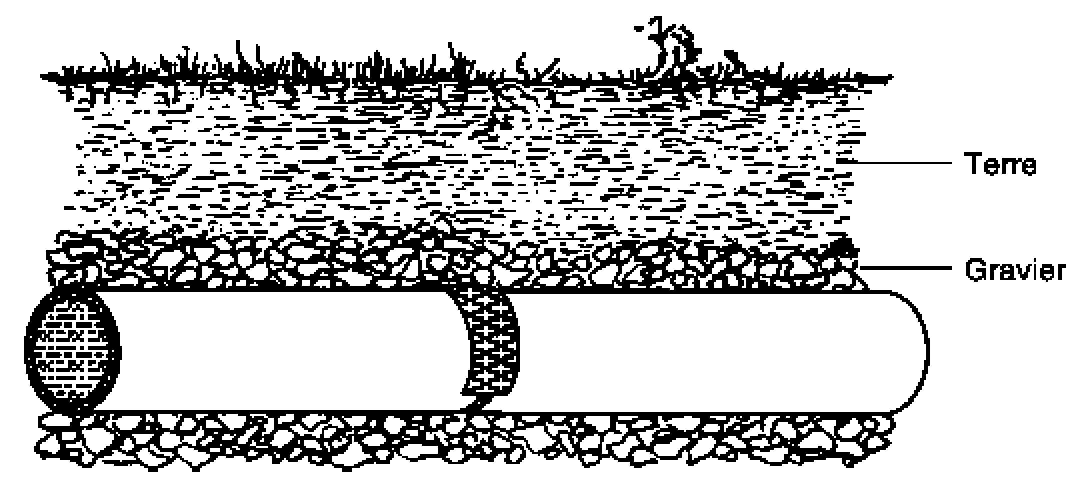


Fig. 1.98. Drain enterré constitué de tuyaux en grès dont les joints ne sont pas étanchéifiés. Les joints sont recouverts d'un collier d'argile, de papier kraft ou de tout autre matériau résistant (*133*).

Eucalyptus

On peut planter des eucalyptus pour assainir des terrains marécageux ou des parcelles très proches de la nappe phréatique (Fig. 1.99). Les espèces à pousse rapide et très avides d'eau conviennent particulièrement bien. L'arbre capte l'eau du terrain qui s'évapore ensuite au niveau des feuilles. Pour assurer une évaporation optimale, il faut planter les arbres à bonne distance. La valeur commerciale des arbres est un avantage supplémentaire de la méthode.

Pose de grillages et de couvertures sur les gîtes larvaires

Les gîtes larvaires potentiels constitués d'habitats clos de dimensions modestes (citernes d'eau potable ou puits, par exemple) doivent être rendus inaccessibles aux moustiques adultes. Dans certains cas, on peut les munir de couvercles ou de couvertures amovibles, par exemple en grillage (voir p. 158). On peut empêcher les moustiques de pénétrer dans les puits en les dotant d'une couverture en ciment et en les équipant d'une pompe à bras. On peut également protéger les latrines contre les insectes au prix d'une meilleure conception (voir p. 163). Une méthode un peu moins orthodoxe consiste à recouvrir entièrement la surface de l'eau avec un matériau impénétrable aux moustiques. Les billes en polystyrène expansé et les plantes à pousse rapide qui flottent à la surface de l'eau, comme les *Azolla* (p. 179), en constituent un exemple.

Billes en polystyrène expansé

On peut étaler des billes de polystyrène expansé à la surface de l'eau pour constituer une couche flottante (Fig. 1.100). Une couche d'une épaisseur de 1 à 2 cm suffit pour empêcher la prolifération des moustiques si elle recouvre la totalité de la surface. Ne pouvant plus parvenir à la surface pour respirer, les larves meurent. Les billes ne sont pas dégradables et restent en place pendant des années. Toutefois, comme elles sont facilement dispersées par le vent ou les courants, on ne peut les utiliser que là où l'eau reste confinée à l'intérieur d'une enceinte. Les billes de polystyrène ne sont toxiques ni pour l'Homme, ni pour l'animal - les poissons en particulier - et on peut donc les utiliser sans risque pour protéger les réserves d'eau potable (134-140).

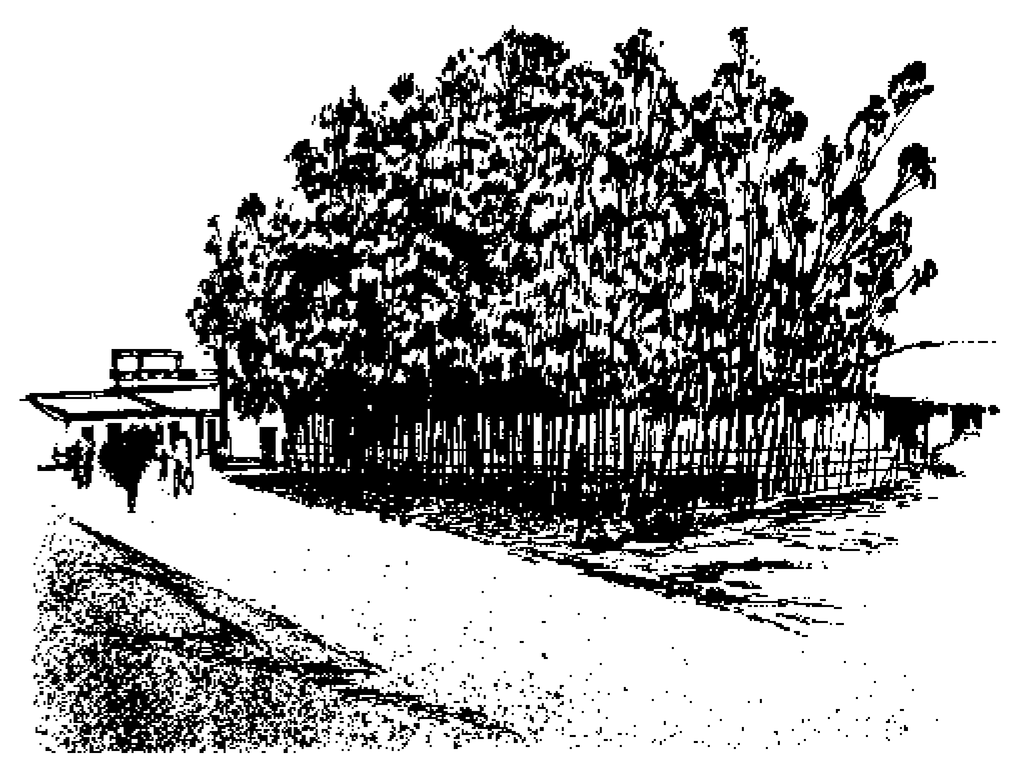


Fig. 1.99. Des eucalyptus à pousse rapide assainissent des basses-terres marécageuses et évitent la prolifération des moustiques.

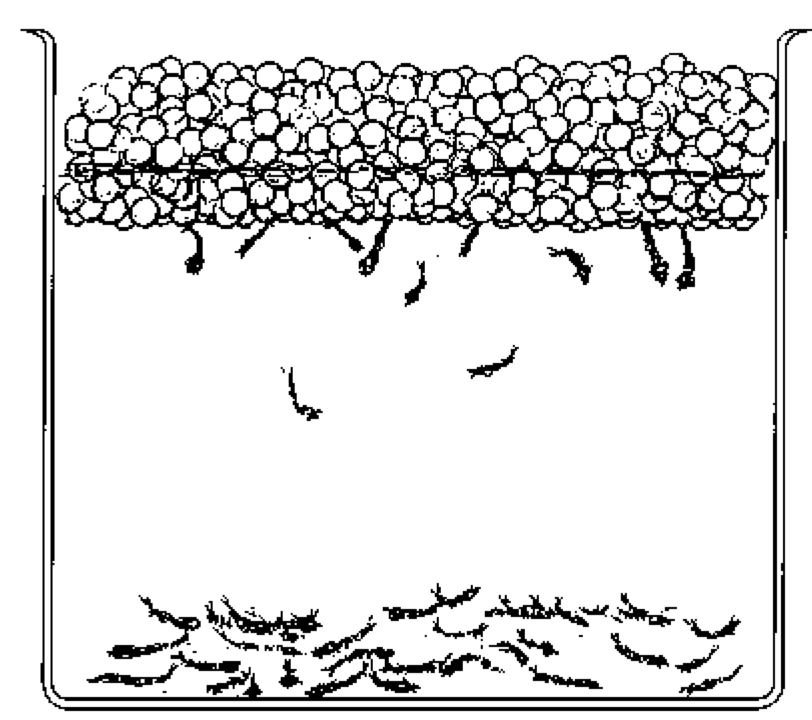


Fig. 1.100. Une couche de billes en polystyrène expansé empêche les larves de venir respirer à la surface de l'eau.

Fabrication et mise en place. On utilise souvent, pour rembourrer les emballages, des billes de polystyrène expansé comprimées sous forme de blocs. En désagrégeant ces blocs, il est possible d'obtenir une petite quantité de billes. L'industrie pétrochimique

produit de grandes quantités de billes de polystyrène non expansé contenant du pentane en solution solide. Il suffit de chauffer les billes à 100 °C à la vapeur ou au bain- marie pour provoquer leur expansion. Sous l'action de la chaleur, le plastique se ramollit et le pentane, en passant à l'état gazeux, provoque une expansion de la bille qui peut atteindre 30 fois son volume initial. Ces billes expansées peuvent être produites par des ateliers spécialement équipés et transportées sur les lieux d'épandage dans des sacs ou des fûts.

Les billes de polystyrène sont plus faciles à transporter sous forme non expansée, notamment sur de longues distances. Une fois sur place, il suffit, comme on l'a vu, de plonger les billes dans un récipient d'eau bouillante pour provoquer leur expansion (Fig. 1.101). Pour cela on verse les billes dans l'eau à raison de la valeur d'une tasse à la fois, on agite et on les retire à l'aide d'une passoire. Avec cette méthode, l'expansion des billes n'est que de 15 à 20 fois leur volume initial. Il faut que les billes restent bien scellées jusqu'à ce qu'on les plonge dans l'eau, sans quoi des fuites de pentane se produiront et le diamètre final des billes s'en trouvera réduit. Pour détruire les larves de moustiques, ce sont les billes d'un diamètre initial de 2 mm qui conviennent le mieux. Une trentaine de litres de billes (environ trois seaux) pèse environ 1,25 kg et suffit pour couvrir 3 m^2 d'eau sur une épaisseur de 1 cm.

Fig. 1.101. On peut fabriquer sur place des billes en polystyrène expansé à partir de billes normales en les plongeant dans de l'eau bouillante.

Aménagement de l'environnement

L'aménagement de l'environnement n'a pas le caractère définitif d'une transformation du site et il faut intervenir à nouveau de temps à autre pour obtenir un résultat. Cette méthode, qui vise à éliminer une espèce bien déterminée de moustique, dépend en grande partie du comportement de l'insecte. Les mesures à prendre peuvent être très simples et peu coûteuses, mais elles supposent au préalable une étude minutieuse du vecteur. On peut ainsi avoir à consulter des spécialistes de la démoustication qui indiqueront à la communauté et aux organismes sanitaires quelles sont les méthodes les mieux adaptées aux conditions locales.

Fluctuation du niveau des eaux

Dans les grandes retenues d'eau destinées à la consommation humaine ou à l'irrigation, les fluctuations de niveau réduisent la prolifération des moustiques par les mécanismes suivants:

- les larves sont refoulées sur les bords;

- les larves sont délogées de leurs habitats végétaux le long des berges et sont donc plus exposées à l'action des vagues et à la prédation par les poissons;

- la végétation des berges où les larves peuvent trouver refuge devient plus clairsemée.

Il faut que ces fluctuations se produisent à intervalles de durée inférieure à la vie des larves, c'est-à-dire environ 7 à 10 jours. Le niveau de l'eau doit varier en général de 30 à 40 cm (voir p. 173).

Dans les régions rizicoles, on lutte contre les moustiques par une irrigation intermittente (voir p. 179).

Chasse par délestage

Le principe est le même que pour les fluctuations du niveau des eaux. On l'utilise dans les petits cours d'eau où l'abondance et la continuité du courant en même temps que sa lenteur permettent aux moustiques de se reproduire dans des gîtes tranquilles à proximité des berges. En libérant périodiquement un important volume d'eau dans le lit du cours d'eau, on balaye les œufs, les larves et les nymphes situés sur les bords ou on les refoule sur les berges.

Afin de recueillir un volume d'eau suffisant pour effectuer cette chasse, on érige un petit barrage dans le secteur où se reproduisent les moustiques. Le barrage doit être situé là où le cours ou la voie d'eau se rétrécit et où les berges sont hautes. Il doit être doté d'une vanne à commande manuelle ou mécanique ou encore d'un siphon automatique, qui permettent de libérer l'eau une fois par semaine. Ce dispositif suppose un important investissement initial, mais il est durable et n'exige guère d'entretien. On l'utilise dans les plantations de thé et d'arbres à caoutchouc de l'Asie du sud-est pour lutter contre *Anopheles minimus* et *A. maculatus.*

Modification de la salinité de l'eau

On peut démoustiquer les lagons et les marécages du littoral en y faisant pénétrer de l'eau de mer. La plupart des espèces ne sont pas capables de supporter l'accroissement de la teneur en sel que cela entraîne. Les lagons peuvent être reliés à la mer par un chenal muni de vannes (voir encadré p. 172) par de simples drains ou caniveaux d'assainissement.

Ombragement des berges

Là où les moustiques ont une préférence pour des gîtes larvaires partiellement ou totalement exposés au soleil, on peut les empêcher de se reproduire en plantant des buissons et des arbres le long des berges pour les ombrager fortement. Cette méthode est utilisée avec succès dans les plantations de thé de l'Assam, en Inde, pour lutter contre *Anopheles maculatus* et *A. minimus.*

Eclaircissage de la végétation

En éclaircissant la végétation, on risque d'accroître la prolifération des espèces de moustiques qui ont une prédilection pour les eaux ensoleillées. Cependant, certaines espèces ont besoin de gîtes larvaires aquatiques situés à l'ombre et on peut donc les combattre efficacement par un éclaircissage de la végétation, comme c'est le cas *pour Anopheles bolabacensis* au Sabah (Malaisie). Cette méthode a aussi l'avantage de supprimer les lieux de repos des moustiques adultes. En outre, elle favorise l'évaporation et l'assèchement des petites collections d'eau et rend les gîtes larvaires plus facilement repérables par les équipes de démoustication.

Elimination des plantes aquatiques

Pour pouvoir respirer, les larves et les nymphes de *Mansonia* se fixent aux parties immergées des plantes aquatiques. Dans les mares et les marécages où cette espèce pullule, on peut l'empêcher de proliférer en arrachant et en détruisant périodiquement la végétation (voir p. 175). Il est possible de lutter contre d'autres espèces de moustiques en éliminant la végétation qui dissimule les larves aux poissons larvivores et les protège des vagues et des courants. Dans les gîtes larvaires de petite dimension, comme les trous d'emprunt et les mares, par exemple, on peut désherber à la main et c'est une tâche dont les membres de la communauté voisine peuvent parfaitement s'acquitter en s'aidant de râteaux ou autres outils de ce genre. Si les gîtes sont plus étendus, on pourra épandre des herbicides ou introduire des poissons herbivores, des carpes par exemple (voir p. 175).

Quelquefois, comme c'est le cas dans les forêts marécageuses de certaines régions d'Indonésie et de Malaisie, il est impossible d'éliminer ou de détruire la végétation, étant donné l'étendue de la zone où sont situés les gîtes larvaires.

Rectification des berges

On peut rectifier les berges des cours d'eau, des fossés et des étangs en leur donnant un tracé rectiligne et en augmentant leur pente. De la sorte, il y a moins d'endroits de faible profondeur propices à la reproduction des moustiques et le courant devient plus rapide.

Lutte biologique

La lutte biologique contre les moustiques et autres espèces nuisibles consiste à introduire dans leurs biotopes des espèces qui sont leurs ennemis naturels, par exemple, des parasites, des micro-organismes pathogènes ou des prédateurs. Il peut s'agir d'insectes, de virus, de bactéries, de protozoaires, de champignons, de végétaux divers, de nématodes ou de poissons. Pour pouvoir utiliser ces agents biologiques de manière efficace, il faut une bonne connaissance de la biologie et du comportement des insectes à combattre ainsi que des conditions locales. C'est probablement lorsqu'elles sont utilisées conjointement à d'autres que ces méthodes donnent les meilleurs résultats, par exemple, parallèlement à un aménagement de l'environnement ou à l'épandage de larvicides dépourvus de toxicité pour les agents de lutte biologique.

Un certain nombre d'organismes se sont révélés efficaces contre les larves de moustiques.

Les plus importants sont les suivants:

- poissons qui se nourrissent de larves de moustiques (poissons larvivores);

- moustiques prédateurs du genre *Toxorhynchites,* dont les larves se nourrissent des larves d'autres moustiques;

- libellules dont les larves se nourrissent de larves de moustiques;

- copépodes cyclopoïdes: petits crustacés qui s'attaquent aux larves de moustiques du premier et du deuxième stade;

- nématodes qui parasitent les larves de moustiques;

- champignons qui se développent dans l'organisme des larves de moustiques;

- larvicides bactériens, qui sont des toxines produites par *Bacillus thurigiensis* H-14 et par *B. sphaericus;*

- l'huile de neem, extraite du neem, un arbre dont le nom scientifique est *Azadirachta indica.* Elle est dotée de propriétés larvicides;

- *Azolla,* une fougère flottante, qui peut recouvrir des plans d'eau entiers, les rendant impropres à la reproduction des moustiques.

De tous ces agents, seuls deux sont largement utilisés: les poissons larvivores et les larvicides bactériens. Ces derniers seront étudiés dans la partie consacrée aux larvicides.

Poissons larvivores

Les poissons larvivores se nourrissent de larves de moustiques. On les utilise un peu partout dans le monde pour tenter de se débarrasser des moustiques incommodants et de contenir le paludisme ou d'autres maladies transmises par des moustiques.

On recherche en général des espèces ayant les caractéristiques suivantes:

- préférence pour les larves de moustiques par rapport à d'autres types de proies présentes à la surface de l'eau;

- petite taille permettant d'accéder facilement aux eaux peu profondes et de pénétrer dans la végétation;

- reproduction rapide dans les petites collections d'eau;

- tolérance vis-à-vis des eaux polluées, des fluctuations de la salinité et de la température; capables de bien supporter le transport;

- de préférence originaires de la région que l'on se propose de démoustiquer.

On a évalué l'efficacité d'un certain nombre d'espèces locales et plusieurs d'entre elles se sont révélées intéressantes. Il s'agit, pour la plupart, de carpes (Poeciliidés et Cyprinodontidés) de petite taille popularisées comme poissons d'aquarium. Les stades juvéniles - mais pas les adultes - d'espèces de plus grande taille peuvent aussi se nourrir de larves de moustiques. Parmi les espèces que l'on utilise avec le plus de succès dans différents pays, on peut citer la gambusie (*Gambusia affinis*) et le guppy (*Poecilia reticulata*). La gambusie est très efficace en eau claire, tandis que le guppy peut être utilisé avec profit dans des eaux polluées (*141, 142*). Le guppy supporte mieux les températures élevées que la gambusie et il est donc sans doute plus efficace dans les rizières des régions chaudes. Toutefois, contrairement à la gambusie, le

guppy ne peut pas survivre aux températures inférieures à 10 °C. D'autres espèces, telles que *Cynolebias, Nothobranchius* et *Aphyosemion,* pondent des œufs capables résister à la sécheresse et on peut les utiliser dans les gîtes larvaires qui s'assèchent temporairement, comme les trous d'emprunt et les rizières irriguées (*143*).

Aire d'extension initiale de quelques poissons larvivores appartenant aux cyprinodontidés

Afrique tropicale et sub-tropicale

Aphanius
Aphyosemion
Epiplatys
Nothobranchius

Inde et Asie du sud-est

Aplocheilus
Macropodus

Amérique centrale et Amérique du sud

Fundulus
Jordanella
Rivulus
Gambusia
Girardinus
Heterandria
Poecilia (*Lebistes*)
Limia
Cynolebias

Il faut éviter d'importer des poissons exotiques et s'assurer que les espèces locales peuvent convenir. Une fois lâchés dans la nature, les poissons qui appartiennent à des espèces importées risquent de poser des problèmes écologiques en se substituant aux espèces locales ou en s'attaquant à d'autres organismes aquatiques. Toutefois, dans les gîtes larvaires artificiels isolés de l'environnement naturel, on peut utiliser sans problèmes ces espèces importées. Il s'agit notamment des réservoirs et des citernes d'eau potable, des piscines, des bassins de jardin et des points d'eau en milieu désertique. On peut y lâcher des gambusies sans risque qu'elles s'échappent dans la nature.

Avantages et inconvénients des poissons larvivores

Avantages

- Si le milieu leur convient, les poissons peuvent s'y établir et constituer un moyen auto-entretenu de lutte contre les moustiques.

- Introduire et maintenir des poissons dans un gîte larvaire ne revient pas très cher en

général et cela ne nécessite pas d'équipements complexes et coûteux.

- Les poissons sont écologiquement sans danger et ne rendent pas l'eau impropre à la consommation.

Inconvénients

- Les poissons ne sont efficaces que s'ils s'établissent en grand nombre dans le gîte larvaire et même dans ce cas, ils ne parviennent pas à faire complètement obstacle à la prolifération des moustiques. Ceux-ci peuvent continuer à se reproduire à densité plus faible. Pour les tenir totalement en échec, il faut prendre encore d'autres mesures, par exemple, épandre des larvicides non toxiques pour les poissons.

- La destruction des larves au moyen de poissons prédateurs peut prendre 1 à 2 mois; cette méthode ne convient donc pas lorsqu'on escompte un résultat rapide.

- Les poissons sont moins efficaces lorsque la végétation aquatique est dense ou que des ordures flottent à la surface; ces obstacles doivent être éliminés.

- Il faut des bassins spéciaux pour l'élevage des poissons; leur transport et leur conservation exigent beaucoup de soins.

Dans les étangs et les marécages où la végétation est luxuriante, le poissons larvivores ne sont pas très efficaces car ils ont de la peine à trouver les larves de moustiques. Des poissons de plus grande taille comme la carpe (*Cyprinus carpio*) (*144*), le gourami géant (*Osphronemus goramy*) (*145*) et le tilapia (*Tilapia* ou *Oreochromis mossambicus*) (*146*) peuvent permettre aux poissons larvivores d'atteindre les larves en déracinant et en dévorant la végétation. Ces gros poissons peuvent en outre constituer une source de nourriture pour les populations du lieu (*147*). Dans certains pays, on élève des poissons à la fois pour la consommation et pour la destruction des larves de moustiques dans des biotopes divers. Des cichlidés, tels que *Oreochromis mossambicus, O. niloticus* et *O. spiluris* se sont révélés intéressants à cette fin en Indonésie, en Malaisie, en Somalie et au Soudan (*148, 149*). La carpe commune, *Cyprinus carpio* et une carpe d'un autre genre, *Ctenopharyngodon idella,* s'utilisent avec succès dans le sud de l'Inde (*144*) et en Chine. Les poissons larvivores peuvent également servir de nourriture aux gros poissons destinés à la consommation humaine.

Elevage des poissons larvivores

Dans les régions où certains biotopes contiennent souvent des poissons larvivores, on peut les utiliser pour y prélever des spécimens qui serviront ensuite à empoissonner les gîtes larvaires de moustiques. Cela se pratique souvent dans les régions relativement sèches où la présence de l'eau se limite aux canaux, fossés, puits etc... Les poissons ne s'y trouvent pas toujours en très grand nombre, mais on peut de la sorte finir par empoissonner très largement les étendues d'eau (*150, 151*).

Pour pouvoir disposer d'une source ininterrompue de poissons, il est nécessaire de les élever dans des bassins spéciaux. Des bassins ou étangs de ce genre sont déjà largement utilisés pour l'élevage de poissons destinés à la consommation humaine et

on peut y élever simultanément des poissons larvivores. On peut constituer des levées de terre avec les déblais provenant de l'excavation des bassins. Ces levées sont formées de couches de terre d'environ 20 cm qu'il faut humidifier et tasser l'une après l'autre. L'herbe et les autres végétaux qui poussent sur les levées peuvent les protéger de l'érosion. Le sommet de la levée doit se trouver à au moins 30-50 cm au-dessus de la surface de l'eau. On utilise aussi avec succès de grandes citernes en ciment pour élever les poissons. Pour protéger les jeunes poissons contre les poissons plus âgés, il faut qu'il y ait suffisamment d'espace et de végétation. Une collectivité peut élever des poissons larvivores pour son usage personnel et pour en distribuer ensuite aux ménages et aux agriculteurs. On peut augmenter la production par une utilisation judicieuse d'aliments artificiels tels que déchets organiques, déjections animales etc... Il faut empêcher la prolifération des algues, qui consomment de l'oxygène, éventuellement en épandant des herbicides.

Transport et distribution

Le meilleur moyen de transport consiste à utiliser de petits récipients d'une capacité pouvant aller jusqu'à 40 litres, par exemple des seaux en plastiques ou des jerrycans, ou encore des sacs en plastique résistant que l'on remplit à moitié avec l'eau du bassin d'élevage (Fig. 1.102). Avant de libérer les poissons dans leur nouvel habitat, il faut ajouter dans les récipients ou les sacs, de l'eau qu'on aura prélevée dans cet habitat, afin d'éviter aux poissons le choc que constituerait pour eux un changement soudain d'eau et de température. Si le transport doit durer plusieurs heures ou davantage, il faut prévoir une alimentation en oxygène et éviter de trop grandes variations de température. En refermant les récipients, on veillera à laisser un vide d'air correspondant à environ un tiers du volume. Il ne faut pas que les poissons soient trop nombreux dans les sacs ou les récipients et ceux-ci devront être enveloppés dans des linges humides ou placés dans des boîtes en carton ou en polystyrène avec un dispositif quelconque de régulation de la température. Pour empoissonner de petits gîtes larvaires, on peut utiliser des seaux contenant, par exemple, 50 gambusies dans 8 litres d'eau. Six gambusies suffisent pour une mare ou un bassin de 5 à 10 m^2 avec peu de végétation aquatique (*151*).

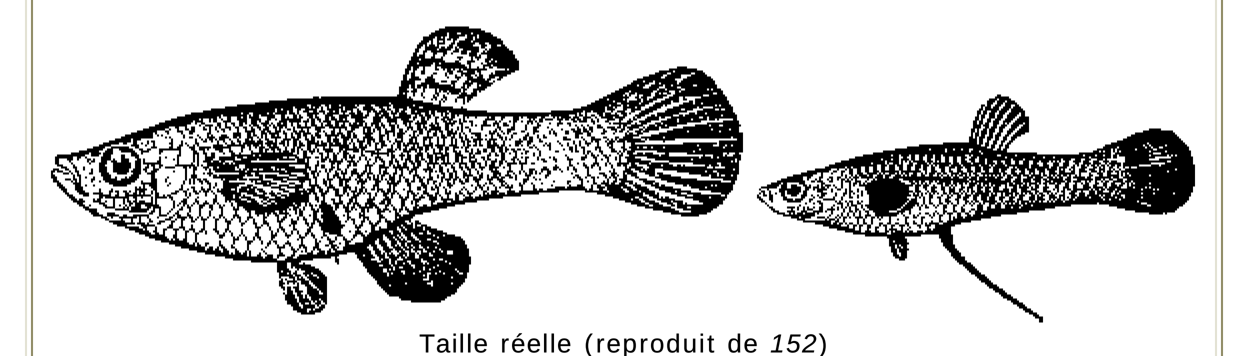


Fig. 1.102. On peut transporter les poissons depuis leur bassin d'élevage jusqu'à l'endroit où l'on veut les introduire en utilisant un sac de plastique à demi rempli d'eau.

Des espèces efficaces de poissons larvivores

La gambusie, *Gambusia affinis*

C'est l'espèce qui est la plus largement utilisée pour combattre les larves de moustiques. Avec le guppy, elle appartient à une famille de carpes vivipares, les poeciliidés. Leur bouche est spécialement adaptée pour qu'elles puissent happer leurs proies en surface. Elles sont originaires d'Amérique centrale mais, vu les succès qu'elles remportent dans la lutte contre les moustiques, on les a introduites dans de nombreuses régions du monde. Ces poissons peuvent résister à d'importantes fluctuations de température ainsi qu'à la pollution de l'eau, mais c'est dans les eaux relativement claires et modérément chaudes qu'ils ont le meilleur rendement (*152*).

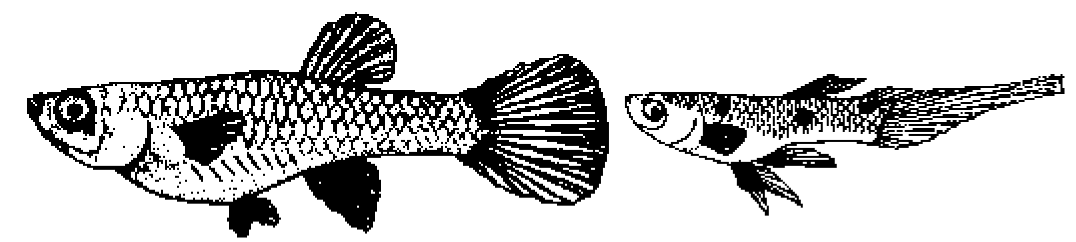


Taille réelle (reproduit de *152*)

Le guppy, *Poecilia reticulata*

Comme la gambusie, il s'agit d'une sorte de carpe vivipare capable de happer sa

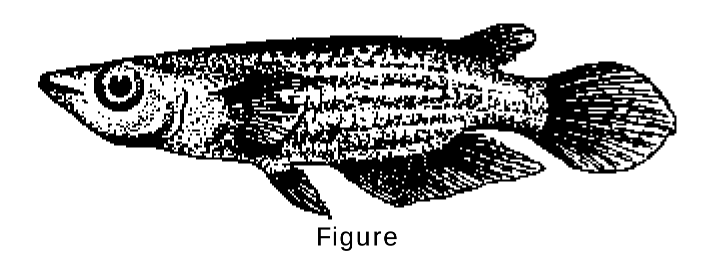
nourriture en surface. Elle est originaire d'Amérique du sud et s'est popularisée comme poisson d'aquarium. On l'a introduite dans de nombreux pays pour lutter contre les moustiques, notamment en Amérique du sud et en Asie. Ce poisson est mieux adapté aux températures élevées que la gambusie et il supporte des eaux fortement polluées. C'est pour cette raison qu'il est particulièrement efficace contre les moustiques du genre *Culex,* qui se reproduisent dans des eaux chargées de polluants organiques (*153*).



Taille réelle (reproduit de *153*)

Le panchax, *Aplocheilus panchax*

Cette carpe ovipare se rencontre sur le sous-continent indien, en Indonésie, en Malaisie et au Sri Lanka, où elle est répandue dans les rizières et les fossés. Elle joue un rôle important dans la démoustication (*154*). Ce poisson peut supporter la pollution et des températures de 20 à 45 °C.

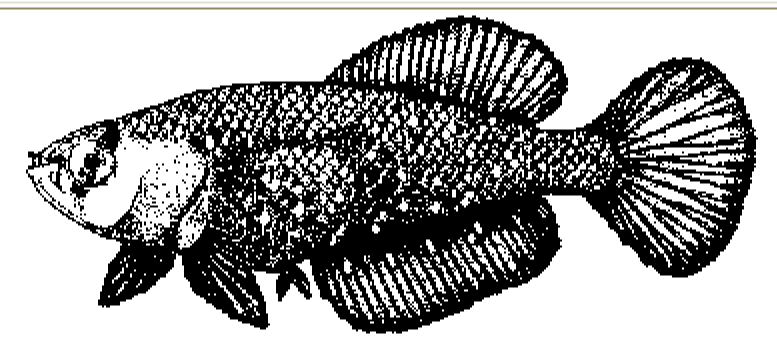


Figure

Taille réelle (reproduit de *154*)

Le poisson perle d'Argentine, *Cynolebias bellotii*

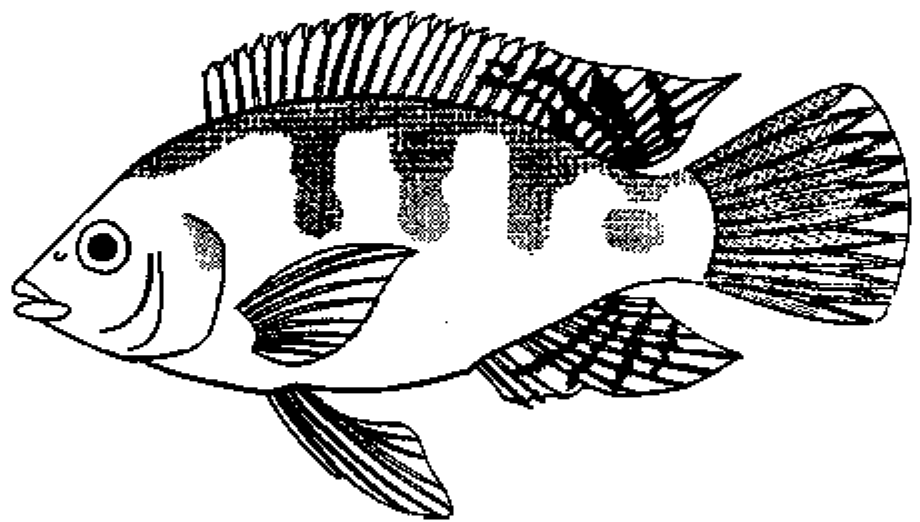
C'est un des poissons annuels que l'on rencontre en Amérique du sud et en Afrique. Il est incapable de se reproduire dans des étendues d'eau permanentes et ne peuple que des biotopes dont l'eau disparaît tous les 2 à 3 mois ou au moins une fois par an. Les œufs, qui survivent à la sécheresse enfouis dans le sol, peuvent être concentrés, transportés et dispersés dans un matériau légèrement humide. Ils éclosent quelques heures après recouvrement de la terre par les eaux. Bien qu'on n'ait guère évalué les possibilités de ces poissons, il semble qu'ils puissent rendre service dans les trous d'emprunt, les étangs qui sont à sec une partie de l'année ainsi que dans les rizières et les pâturages irrigués où les autres poissons ne peuvent pas survivre (*153*).



Taille réelle (reproduit de *153*)

Le tilapia, *Oreochromis* (*Tilapia*) *mossambicus*

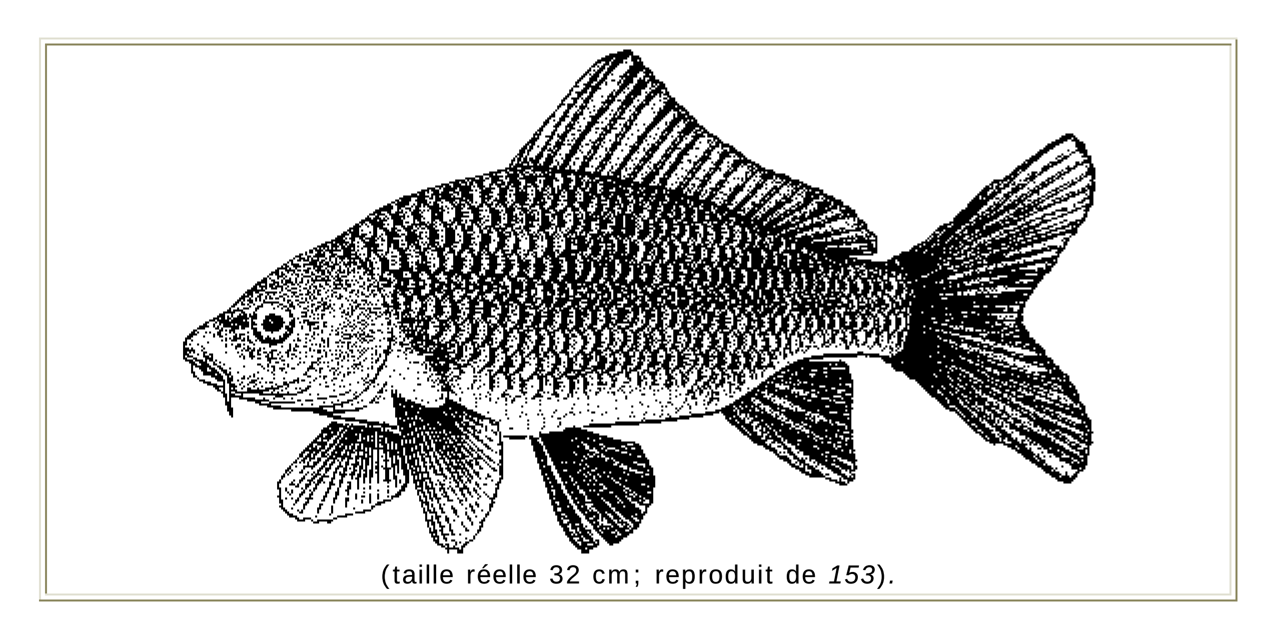
Ce cichlidé se rencontre en Afrique orientale. On l'élève avec succès dans les rizières irriguées où il sert à la fois d'arme contre les moustiques et de nourriture pour l'Homme. A la température optimale de 22°C, il se reproduit très rapidement. Cette espèce est capable de vivre et de se reproduire dans des eaux douces ou saumâtres (*146*).



(taille réelle 20 cm; © OMS)

La carpe, Cyprinus carpio

On élève ce poisson comestible dans les rizières irriguées, les fossés et les étangs. C'est un poisson robuste qui préfère les eaux riches et peu profondes, avec des fonds vaseux et une végétation importante. Il se multiplie lorsque la température de l'eau dépasse 18°C. Les alevins se nourrissent de larves de moustiques et les adultes de diverses plantes aquatiques ou d'algues, mais ne s'attaquent pas aux plants de riz. On peut utiliser la carpe pour combattre à la fois les moustiques et les mauvaises herbes aquatiques (753).


(taille réelle 32 cm; reproduit de *153*).

Les larvicides

On épand des larvicides sur les gîtes larvaires pour tuer les larves de moustiques. Vers la fin du 19ème siècle on utilisait déjà des huiles de pétrole pour la démoustication, avant même d'avoir élucidé le rôle de ces insectes dans la transmission des maladies. On utilisait aussi un dérivé de l'arsenic, le vert de Schweinfurt (appelé aussi vert de Paris), que l'on dispersait à la surface de l'eau sous forme de poudre pour détruire les larves d'anophèles qui venaient y chercher leur nourriture. Ces larvicides sont maintenant remplacés par des produits plus modernes, mais les huiles de pétrole sont encore utilisées à petite échelle. Leurs avantages et leurs inconvénients sont énumérés à la page 143. Les larvicides peuvent agir comme poisons gastriques, que les larves doivent ingérer en prenant leur nourriture, ou encore comme poisons de contact, qui pénètrent dans l'organisme de la larve en traversant la paroi chitinisée ou en empruntant les voies respiratoires. On utilise des larvicides pour traiter les gîtes larvaires que l'on ne peut ni assécher, ni combler et sur lesquels toute autre mesure, qu'il s'agisse de l'emploi de poissons prédateurs ou d'un aménagement du site, serait inopérante ou trop onéreuse.

Vert de Schweinfurt (appelé aussi vert de Paris)

Le vert de Schweinfurt ou acétoarsénite de cuivre, est un dérivé de l'arsenic qui a été très largement utilisé de 1921 jusque dans les années 40 pour détruire les larves d'anophèles. Il se présente sous la forme d'une poudre verte pratiquement insoluble dans l'eau. Les particules de vert de Schweinfurt flottent en surface et provoquent l'intoxication des larves d'anophèles qui viennent y chercher leur nourriture. Les autres espèces de moustiques ne sont généralement pas affectées. Ce produit a l'avantage d'être très bon marché, très efficace contre les larves d'anophèles, facile à transporter et à distribuer. On n'a pas connaissance d'effets indésirables sur les mammifères, les poissons et les insectes et une fois traitée, l'eau reste utilisable à des fins domestiques. Ce produit a occupé une place importante dans l'arsenal des programmes de lutte antipaludique, mais l'introduction de composés organophosphorés relativement peu dangereux et extrêmement efficaces en a réduit l'usage.

Huiles de pétrole

L'épandage d'huiles de pétrole à la surface de l'eau pour détruire les larves de moustiques a été l'une des premières mesures de lutte contre les moustiques (*155, 156*). Lorsque les larves atteignent la surface pour respirer, elles sont tuées de deux manières: par asphyxie et par empoisonnement sous l'effet des vapeurs toxiques. Les huiles larvicides ne sont pas efficaces contre les moustiques du genre *Mansonia,* car leurs larves et leurs nymphes ne remontent pas à la surface. L'huile doit être épandue sous la forme d'une fine pellicule couvrant complètement la surface. Il existe de nombreuses huiles de qualités diverses que l'on peut utiliser pour la démoustication, et cela, en fonction des conditions locales. A température élevée, il faut utiliser une huile épaisse, par exemple du pétrole brut ou du mazout, alors qu'en présence de végétation, il faut une huile plus légère qui s'étale mieux, comme le kérosène ou le combustible diesel. Ces huiles tuent très rapidement les larves mais leur effet ne dure que quelques heures à quelques jours. Comme elles sont relativement onéreuses par rapport à d'autres larvicides et qu'elles n'ont pas d'effet durable, on les utilise désormais moins pour lutter contre les moustiques. Elles conservent toutefois un intérêt particulier là où les moustiques sont devenus résistants aux insecticides. Comme elles sont très largement disponibles, elles sont intéressantes pour une utilisation à petite échelle par les ménages ou les collectivités.

Huiles disponibles localement

Pour traiter de petites surfaces, par exemple des latrines à fosse, on peut se contenter d'une petite quantité de mazout ou d'huile moteur usée provenant d'un garage. Il existe des spécifications détaillées applicables à de nombreux types d'huiles larvicides adaptées au traitement de vastes étendues d'eau (*151*), mais dans la pratique, l'usager doit souvent se contenter des produits qu'il peut trouver sur place en quantité importante et à un prix modique. Le combustible diesel et le kérosène (lampant, huile de paraffine) sont disponibles partout et d'une efficacité équivalente. Le diesel doit être épandu à raison de 140-190 litres à l'hectare, ce qui rend son utilisation plutôt coûteuse. En ajoutant un détergent qui permet un meilleur étalement de l'huile, on peut réduire le coût d'utilisation du diesel, du mazout ou du kérosène de 20 à 75%, car ainsi on a une meilleure pénétration dans la végétation et dans les eaux polluées. L'octoxinol convient bien à cet effet, à la dose de 0,5%. On peut également ajouter 1 à 2,5% d'huile végétale, comme l'huile de ricin ou l'huile de noix de coco, qui permettent aussi un meilleur étalement du larvicide. Un volume de 18 à 50 litres d'huile par hectare devrait suffire. La quantité exacte dépend avant tout de l'abondance de la végétation et des débris divers présents à la surface de l'eau ainsi que de l'importance de la pollution.

Huiles du commerce

On trouve dans le commerce des huiles spéciales contenant des agents tensio-actifs qui permettent un meilleur étalement et accroissent l'effet toxique des huiles larvicides. Ces huiles sont sans doute efficaces à la dose de 9 à 27 litres par hectare. On peut encore améliorer l'efficacité en ajoutant du téméphos. Si on les utilise convenablement, les huiles légères ne sont pas toxiques pour les poissons, les oiseaux et les mammifères.

Epandage

On peut épandre les huiles larvicides au goutte à goutte avec un bidon ou un seau ou les verser carrément avec un bidon à eau. Pour un épandage à grande échelle, il est préférable d'utiliser un pulvérisateur à pression préalable. Si les étendues à traiter sont très vastes, il faut procéder par la voie aérienne.

Avantages et inconvénients des huiles larvicides

Avantages

- L'huile est visible à la surface de l'eau et il est donc possible de voir si elle a été épandue convenablement.

- Pour les petites superficies, comme les trous d'emprunt, les mares, les latrines, les fossés et les puits perdus, c'est une méthode relativement bon marché et facile à mettre en œuvre.

- Cette méthode permet de déjouer la résistance des moustiques.

- Aux doses recommandées, les produits utilisés ne sont pas toxiques pour les mammifères, les poissons et la plupart des espèces non visées.

Inconvénients

- Pour de vastes superficies, la méthode est coûteuse.

- Elle n'est guère efficace en présence de végétation et de débris flottants, qu'il faut donc éliminer avant de procéder à l'épandage.

- L'effet ne dure normalement que quelques jours

- L'huile recouvre la végétation, les troncs d'arbres etc.

- S'il y a du vent, il va disperser l'huile larvicide.

Larvicides organiques de synthèse

La découverte des insecticides organochlorés en 1940 a conduit la plupart du temps à abandonner les méthodes traditionnelles de démoustication et à se tourner vers l'épandage de ces nouveaux composés sur les gîtes larvaires. Au cours des années cinquante, les insecticides organochlorés ont perdu une grande partie de leur efficacité par suite de l'apparition d'une résistance chez certaines espèces de moustiques. Il est également apparu que ces insecticides s'accumulaient durablement dans les tissus animaux et végétaux. Ces produits ne sont plus recommandés par l'OMS pour la destruction des larves de moustiques, mais, à l'exception de la dieldrine, on peut toujours les utiliser sans risque pour traiter les murs des habitations. Les organophosphorés, les carbamates et les pyréthrinoïdes sont moins persistants car ils se décomposent rapidement dans l'environnement, aussi en recommande-t-on l'usage comme larvicides. Il reste que les pyréthrinoïdes sont très toxiques pour les crustacés et les poissons et ne doivent donc pas être employés en leur présence. Ces produits ne produisent qu'une contamination temporaire de l'eau et la plupart d'entre eux

disparaissent en une journée, à l'exception des organophosphorés qui peuvent persister beaucoup plus longtemps.

En présence de moustiques résistants à tous les larvicides classiques, on pourra envisager de recourir à des huiles larvicides ou à des produits plus coûteux tels que les régulateurs de la croissance des insectes ou les larvicides bactériens. Ces deux derniers groupes de composés sont dépourvus de toxicité vis-à-vis des poissons, des mammifères et de la plupart des autres organismes non visés. Ils se pésentent sous la forme de briquettes à libération lente et leur activité rémanente dans les eaux stagnantes de volume relativement faible est meilleure que celle de tous les autres larvicides.

Des organophosphorés comme le téméphos, le fenthion et le chlopyrifos (Tableau 1.5) comptent parmi les larvicides les plus couramment utilisés.

Tableau 1.5

Composés utilisables comme larvicides pour la démoustication

Larvicide	Formulation[a]	Dose de matière active (g/ha)[b]	Durée d'action effective (semaines)	Toxicité/Danger de la matière active[c]
Huiles de pétrole				
Diesel	S	140-190[d]	1-2	I
Huile larvicide	S	19-47[d]	1-2	I
Vert de Schweinfurt	GR	840-1000	2	élevée
Composés organophosphorés				
Chlorpyrifos	CE, GR, S, PM	11-25	3-17	modérée
Fénitrothion	CE, GR	100-1000	1-3	modérée
Fenthion	CE, GR	22-112	2-11	élevée
Iodfenphos	CE, GR, S	50-100	7-16	I
Malathion	CE, GR, S	224-1000	1-2	légère
Pirimifos-méthyl	CE, GR, S	50-100	1-11	légère
Téméphos	CE, GR, S	56-112	2-4	I
Régulateurs de croissance des insectes				
Diflubenzuron	GR, PM	25-100	1-4	I
Méthoprène	BR, S, SLL	100-1000	4-8	I
Pyriproxyphène	GR	10-100	4-8	I
Larvicides bactériens				
Bacillus thurigiensis H-14	BR, CE, GR, PM	100-6000	1-2	I
B. sphaericus	BR, CE, GR	500-5000	2-8	I

[a] BR = briquettes; CE = concentré émulsionnable; GR = granulés; S = suspension; SLL = suspension à libération lente; PM = poudre mouillable.

[b] Les doses les plus fortes sont à utiliser en eau polluée ou pour un effet rémanent.

[c] I = danger improbable en utilisation normale.

[d] Litres par hectare.

Source: référence *157*.

Avantages et inconvénients des épandages d'insecticides

Avantages

- Les moustiques sont détruits avant de se disperser en direction des habitations.
- Les opérations peuvent être menées en un laps de temps très court.
- Il existe de nombreux larvicides efficaces.
- Pour les épandages à petite échelle, on peut procéder manuellement; pour travailler à plus grande échelle, on peut faire usage de pulvérisateurs agricoles ou des pulvérisateurs à main qui sont largement utilisés dans les programmes de lutte antipaludique.

Inconvénients

- La démoustication est temporaire et une reprise fréquente des opérations peut revenir cher dans les zones où les gîtes larvaires sont nombreux ou étendus.
- Certains larvicides peuvent être nocifs pour les autres êtres vivants du biotope, notamment pour les ennemis naturels des moustiques.
- Les larvicides pouvant être toxiques pour l'Homme, il est nécessaire que ceux qui les épandent soient dûment formés aux techniques d'épandage et informés des précautions à prendre.

Formulations larvicides

La plupart des larvicides existent dans les formulations suivantes:

- *Poudre mouillable.* Poudre sèche traitée par un agent mouillant (dispersant) pour permettre un rapide mélange avec l'eau et donner une bouillie que l'on peut ensuite pulvériser; facilité de stockage et de transport.
- *Concentré pour suspension.* Liquide contenant l'insecticide à l'état finement divisé, un agent mouillant et de l'eau; on le mélange avec de l'eau pour obtenir une suspension que l'on va ensuite pulvériser.

• *Concentré émulsionnable.* Solution d'insecticide dans un solvant spécial; l'addition d'agents émulsifiants permet de diluer plus facilement cette solution dans l'eau. On peut verser le produit directement à la surface de l'eau ou procéder par pulvérisation.

• *Granulés et pastilles.* Matériau inerte (grains de sable ou matériau absorbant) enrobé ou imprégné d'insecticide. Il s'agit de produits lourds qui pénètrent mieux que les formulations liquides dans une végétation aquatique dense. Certains produits tombent au fond du gîte larvaire alors que d'autres flottent et sont donc plus efficaces contre les larves d'anophèles qui viennent chercher leur nourriture à la surface. Selon le type de produit, la libération de la matière active est rapide ou lente. On les épand à la main ou à l'aide de souffleuses portables. Les granulés pèsent lourd et posent donc des problèmes de transport pour les opérations d'épandage à grande échelle. On les fabrique souvent sur place en mélangeant du sable ou autre matériau avec la solution insecticide.

• *Briquettes.* Elles se présentent sous la forme d'un bloc constitué d'une matrice inerte imprégnée d'insecticide. Elles flottent et libèrent lentement leur matière active à la surface. L'épandage se fait à la main.

Les formulations larvicides les plus couramment utilisées sont les concentrés émulsionnables, que l'on épand en général à l'aide de pulvérisateurs à main. Les poudres mouillables et les concentrés pour suspension s'épandent de la même manière. Dans les programmes de grande envergure, les pulvérisations s'effectuent souvent au moyen de machines montées sur des véhicules. On a parfois recours à des aéronefs pour traiter de vastes superficies ou des zones inaccessibles par la voie terrestre. Lorsqu'il s'agit d'opérations à petite échelle, on peut épandre le produit à la main. Les formulations liquides se versent à la surface du gîte larvaire avec un seau, une boîte ou une bouteille. Les granulés sont dispersés à la main. Il faut éviter les contacts directs entre la peau et l'insecticide en portant des gants. Comme la plupart des produits ont une rémanence limitée lorsqu'on les utilise comme larvicides, il faut répéter les épandages toutes les 1 à 2 semaines dans la plupart des régions tropicales.

Téméphos

Le téméphos est un organophosphoré extrêmement actif contre les larves de moustiques et autres insectes aquatiques, mais très peu toxique pour les poissons, les oiseaux, les mammifères et l'Homme. Du fait de sa faible toxicité pour les organismes non visés et de son efficacité à faible dose, le téméphos est, dans bien des cas, l'insecticide de choix. On le recommande pour détruire les larves de moustiques dans l'eau destinée à la boisson et là où des vertébrés peuvent se trouver en contact avec elle (*155, 156, 159*). On l'utilise très largement pour traiter les cours d'eau d'Afrique occidentale dans le cadre de la lutte contre les simulies. Il est également efficace dans les eaux polluées. Ses formulations courantes sont le concentré émulsionnable (à 46% ou 20% p/v de matière active) et les granulés (à 1% de matière active).

Epandage

Grandes étendues: dispersion de granulés et pulvérisation de concentré émulsionnable en suspension aqueuse. La dose d'emploi doit être de 55 g par hectare sur les plans d'eau relativement dégagés et de 110 g par hectare en présence d'une végétation aquatique dense. Dans ce dernier cas, les granulés sont plus efficaces et doivent être épandus à intervalles de 1 à 3 mois.

Petites superficies: on peut ajouter une petite quantité de granulés dans les réservoirs d'eau potable où ils conservent leur efficacité pendant environ cinq semaines. Pour l'eau potable, la dose recommandée est de 0,5 à 1 mg par litre, ce qui représente 20 g (2 petites cuillerées) de sable enrobé à 1% dans un fût de 200 litres. L'épandage des formulations liquides peut se faire en versant simplement la quantité nécessaire à la surface de l'eau à l'aide d'une boîte ou d'un seau.

On procède actuellement à l'essai de pastilles flottantes en plastique imprégnées de téméphos. Cette formulation reste efficace jusqu'à 6 semaines et elle est particulièrement intéressante pour la lutte contre les larves d'anophèles qui se nourrissent en surface.

Fenthion

Le fenthion est un organophosphoré qui a un effet létal rapide sur les larves et qui possède en outre une longue rémanence. Comme il présente une toxicité relativement élevée pour l'Homme, les mammifères et les oiseaux, son utilisation exige certaines précautions (voir Chapitre 10). Aux doses normalement employées pour détruire les larves, les poissons ne sont pas menacés. Il convient principalement au traitement des fossés aux eaux polluées, des étangs, des marécages, des fosses septiques et autres gîtes larvaires qui ne sont pas utilisés comme réserves d'eau potable par l'Homme et les animaux domestiques. En eau polluée, le fenthion est plus efficace que les larvicides d'eau douce comme le téméphos et le méthoprène. A force d'en épandre sur certains sites, on a provoqué l'apparition de souches résistantes chez plusieurs espèces d'insectes visés, notamment *Culex quinquefasciatus.* Les formulations courantes sont le concentré émulsionnable (à 46 et 84,5% de matière active p/v) et les granulés de sable enrobés (à 2% de matière active).

Epandage

Grandes étendues: Les pulvérisations se font à raison de 112 g par hectare au maximum. La concentration finale dans l'eau traitée ne doit pas dépasser 0,1 mg/litre. Le concentré émulsionnable peut être épandu tel quel ou après dilution dans l'eau. Les granulés de sable à 2% sont dipersés à l'aide d'une souffleuse portable à raison de 5,5 kg/ha et constituent la formulation de choix pour traiter les gîtes larvaires dont la végétation est dense ou qui sont recouverts de débris flottants. On utilise également les granulés pour traiter des étendues d'eau peu profondes ou des cours d'eau lents dont la profondeur n'excède pas 30 cm.

Petites superficies: Le concentré émulsionnable peut être déversé directement à la surface de l'eau des étangs, des fossés de petite dimension, des fosses septiques etc... Si on utilise le concentré à 46%, la dose est de 0,2 ml par mètre cube, ce qui correspond à 0,1 mg de fenthion par litre. Pour un épandage à l'aide d'un pulvérisateur manuel à pression préalable, il faut mélanger 10 ml de concentré à 46% avec 10 litres d'eau. Deux litres de ce mélange permettent de traiter un plan d'eau de 100 m^2 de superficie et d'environ 10 cm de profondeur. Les granulés doivent être répandus à la main (gantée) à raison de 1,25 g/m^2 sur une profondeur ne dépassant pas 50 cm.

Malathion

Le malathion est un organophosphoré efficace contre un grand nombre d'insectes. On l'utilise principalement en pulvérisations à effet rémanent contre les moustiques

adultes, mais il permet également de détruire les larves qui sont dissimulées dans les étendues d'eau des zones traitées. Il est particulièrement efficace contre *Aedes aegypti* en milieu urbain. Aux doses usuelles (224-1000 g/ha), on estime qu'il est sans danger pour l'Homme et les animaux domestiques vivant dans les zones traitées; en revanche, il peut être nocif pour les poissons.

Il en existe diverses formulations, mais on ne les utilise pas couramment pour les opérations de lutte antilarvaire, leur emploi étant plutôt réservé aux organismes spécialisés dans la démoustication.

Chlorpyrifos

Cet organophosphoré est couramment utilisé comme larvicide pour traiter des gîtes dont les eaux sont modérément à fortement polluées et où son effet rémanent peut se prolonger pendant plusieurs semaines (*157*). On l'empoie avec succès dans les bassins de captage, les fossés servant à l'évacuation des eaux d'égout, les latrines à fosse, les puits perdus, ainsi que dans les bassins de collecte des effluents situés sur les sites de traitement des eaux usées. Il est fortement toxique pour les poissons et modérément toxique pour les mammifères et les oiseaux. Il ne faut donc jamais l'utiliser pour traiter des eaux poissonneuses ou destinées à la consommation humaine et sa manipulation ne doit être confiée qu'à des personnes connaissant les précautions à observer dans l'emploi des insecticides (voir le Chapitre 10).

Le chlorpyrifos est couramment commercialisé sous la forme de concentré émulsionnable à 48% p/v de matière active, de granulés ou de poudre mouillable.

Epandage

On épand le chlorpyrifos au moyen de pulvérisateurs manuels à pression préalable à la dose de 11-25 g de matière active par hectare (*157*).

Pyrimiphos méthyl

Le pyrimiphos méthyl est un organophosphoré efficace contre des insectes très divers, et notamment les larves et les imagos de moustiques. Il est à peu près aussi actif que le fenthion mais un peu moins toxique pour l'Homme. On ne peut cependant pas l'utiliser pour traiter les réserves d'eau potable. Il est relativement instable dans les eaux polluées. On le commercialise couramment sous forme de concentré émulsionnable à 50%.

Epandage

L'épandage s'effectue au moyen de pulvérisateurs manuels à pression préalable, à raison de 100 g de matière active par hectare. L'efficacité se maintien pendant 1 à 11 semaines, selon la qualité de l'eau.

Pyréthrinoïdes

On peut utiliser des pyréthrinoïdes comme la deltaméthrine ou la perméthrine pour détruire les larves de moustiques. Toutefois, en raison des graves effets qu'ils peuvent avoir sur tous les insectes, poissons, crustacés et animaux aquatiques en général, on

préfère en limiter l'emploi à des situations spéciales, sous la surveillance étroite d'organismes spécialisés dans la démoustication.

Régulateurs de la croissance des insectes

Il s'agit de composés chimiques extrêmement toxiques pour les larves et les nymphes, qui agissent en perturbant leur développement. Ils sont très peu toxiques pour les mammifères, les oiseaux, les poissons et les insectes au stade adulte. Toutefois, ils sont fortement toxiques pour les crustacés et les stades immatures des autres arthropodes aquatiques. L'usage en est limité par leur coût élevé et leur rareté, mais ils peuvent être particulièrement intéressants lorsque les insectes à détruire sont devenus résistants aux larvicides organophosphorés ou que l'action néfaste de ces composés sur l'environnement en interdit l'usage. Il n'est sans doute pas souhaitable de s'en servir lorsqu'il est nécessaire de détruire immédiatement les larves, par exemple si la loi fait obligation aux résidents de débarrasser leur lieu d'habitation des larves qui s'y trouvent. Ces composés subissent une dégradation rapide dans l'environnement mais peuvent subsister des semaines ou des mois lorsqu'ils sont épandus sous forme de granulés, de microcapsules ou de briquettes. On les divise en deux groupes:

- *Les analogues d'hormones juvéniles,* comme le méthoprène, empêchent les larves ou les nymphes de parvenir au stade adulte; ils ne tuent pas les larves.

- *Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine* perturbent le processus de mue et tuent la larve lorsqu'elle mue. Leur action est donc plus rapide que celle des analogues d'hormones juvéniles. Le diflubenzuron et le triflumuron en sont des exemples.

Sécurité

Il est peu probable que les régulateurs de croissance des insectes constituent une menace pour l'Homme ou les animaux domestiques, mais ils peuvent néanmoins pertuber le développement de nombreuses espèces d'arthropodes ayant pour biotopes les gîtes larvaires qu'on se propose de traiter. C'est pourquoi la plupart des fabricants n'en recommandent l'usage que sur les sites aquatiques où il n'y a guère de risque pour les populations de crabes, de crevettes et autres arthropodes d'être contaminées, soit directement, soit indirectement par ruissellement ou dispersion du produit.

Méthoprène

L'OMS estime que le méthoprène peut être utilisé sans danger pour traiter l'eau potable (*160*). La matière active se décompose assez rapidement dans l'eau. On prépare des briquettes à 1,8-8% de méthoprène et des granulés de concentrations diverses afin d'obtenir une meilleure rémanence. Les briquettes libèrent lentement la matière active, sur des périodes qui peuvent atteindre quatre mois dans l'eau stagnante des citernes mais qui sont beaucoup plus brèves en eau courante. Si le gîte larvaire s'assèche, les briquettes conserveront probablement leur efficacité jusqu'au retour des eaux (*161*). On peut donc procéder à des épandages sur des sites asséchés considérés comme des gîtes larvaires potentiels, en prévision du retour des eaux ou des précipitations. C'est ainsi qu'au Kenya, on a pu s'opposer avec succès à la prolifération des moustiques dans le mois qui a suivi la saison des pluies, en traitant des mares asséchées cinq semaines avant qu'elles ne soient recouvertes par les précipitations (*162, 163*). Le principal avantage de ces épandages préalables est de

pouvoir être pratiqués avant que la saison des pluies n'ait rendu les sites inaccessibles. Les sites que l'on traite sont des fossés de drainage, des bassins de captage, des étangs, des marécages envahis par les marées, des marais d'eau douce et des trous d'emprunt. Il est peu probable que les briquettes soient efficaces dans des endroits où la montée des eaux risque de les entraîner au loin. Dans les zones bourbeuses, les briquettes, enrobées de boue, peuvent également perdre de leur efficacité.

Epandage

L'épandage des briquettes se fait à la main, sans nécessiter d'équipement particulier. C'est pourquoi elles se prêtent particulièrement bien au traitement de sites éloignés où il une rémanence prolongée de l'action larvicide s'impose. Il faut les introduire là où le gîte est le plus profond de manière que l'action larvicide se maintienne durant la saison sèche. Pour la lutte contre *Aedes,* il faut une dose de 4 à 6 kg de matière active par hectare. Dans les mares d'eau stagnante de faible profondeur (moins de 60 cm) on déposera une briquette pour 20 m^2 de superficie. Pour les autres moustiques, comme *Anopheles, Culex* et *Mansonia,* il faut doubler la dose.

Diflubenzuron

Le diflubenzuron s'emploie en pulvérisations sur les gîtes larvaires de moustiques en eau libre, que le milieu soit pollué ou non. Il convient au traitement des champs irrigués utilisés pour les cultures vivrières. Son efficacité peut se prolonger pendant 1 à 2 semaines, mais dans des endroits clos comme les puits perdus ou les latrines, l'effet larvicide peut durer jusqu'à un mois. On l'utilise aussi pour empêcher la prolifération des cératopogonides dans les zones de marécages. Le diflubenzuron est couramment commercialisé sous forme de poudre mouillable à 25% de matière active ou de granulés dosés à 0,5%.

Epandage

Une fois mêlée à l'eau, la poudre mouillable est épandue au pulvérisateur à raison de 25-50 g/ha sur les eaux claires et de 50-100 g/ha sur les eaux polluées. Les granulés sont utilisés pour traiter les gîtes larvaires encombrés par une végétation luxuriante ou les eaux courantes. On les épand à la main ou à l'aide de souffleuses portables.

Larvicides bactériens

Bacillus thurigiensis H-14

Le bacille *Bacillus thurigiensis* sérotype H-14 (*B.t.* H-14), produit des toxines qui permettent de détruire très efficacement les larves de moustiques et de simulies qui les ingèrent. Aux doses normales, ces toxines sont inoffensives pour les autres insectes, les poissons, les animaux supérieurs et l'Homme. Le bacille peut être utilisé pour traiter les eaux destinées à la boisson ou à l'irrigation des cultures vivrières. Il est efficace contre les insectes devenus résistants aux larvicides chimiques (*148, 164*). Les toxines se décomposent rapidement dans l'environnement et les épandages doivent donc être renouvelés périodiquement. Ce produit est plus coûteux que les larvicides classiques mais meilleur marché que les régulateurs de croissance.

Le *B.t.* H-14 est couramment commercialisé sous la forme de poudre mouillable et de granulés. Il existe également des briquettes de mise au point récente qui flottent à la surface de l'eau et libèrent le bacille en une trentaine de jours. Comme l'efficacité de ces briquettes ne dépend pas des épisodes successifs de temps sec ou pluvieux, elles conviennent donc bien au traitement des biotopes permanents ou temporaires. Ces briquettes, de forme annulaire et d'environ 5 cm de diamètre, sont destinées au traitement des petits gîtes larvaires que l'on trouve dans l'environnement domestique (*165*), tels que les étangs, les bassins et les réservoirs ou citernes. On peut également les utiliser dans les endroits difficiles d'accès. Sur des plans d'eau très dégagés, ces briquettes ne sont pas d'une grande efficacité car le vent peut les pousser vers l'un des bords (*166*). Celles qui sont constituées d'une matrice insoluble perdent leur efficacité dans les eaux légèrement polluées car la matrice s'enrobe de débris et ne peut plus libérer le principe actif; ces briquettes sont donc à utiliser en eau claire.

Le *B.t.* H-14 est généralement considéré comme un agent de lutte biologique. Il est toutefois à remarquer que ce produit contient surtout des bactéries mortes, des spores vivantes et des cristaux de toxines à l'intérieur de spores qui ne se multiplient plus. Dans ces conditions, il peut également être considéré comme un insecticide obtenu par des moyens biologiques.

Epandage

Après mélange à l'eau de la poudre mouillable, on la disperse au moyen de pulvérisateurs manuels à pression préalable ou de tout autre dispositif de ce genre. Les granulés sont épandus à la main ou à l'aide de souffleuses portables sur les gîtes recouverts de végétation. L'épandage des briquettes se fait également à la main, à raison de 4 briquettes pour 10 m^2 de superficie. S'il y a risque de dispersion par le vent, il faut les attacher avec des ficelles aux plantes, à des piquets ou à d'autres objets fixes (*167*). Il faut les conserver au frais dans un emballage fermé afin de les protéger de l'humidité.

Bacillus sphaericus

Il existe un autre bacille, *Bacillus sphaericus,* qui produit également une toxine. Ses propriétés sont analogues à celles de *B.t.* H-14, mais il est plus efficace dans les eaux polluées, *B.t.* H-14 étant, lui, plus actif en eau claire. Il n'est pas efficace contre les simulies ni contre *Aedes aegypti* (*148, 164*). Contrairement à *B.t.* H-14, les formulations de *B. sphaericus* contiennent des bactéries vivantes qui peuvent se multiplier même lorsque l'eau est polluée. Habituellement, il a également une action plus durable que *B.t* H-14. On estime qu'il convient très bien au traitement des gîtes larvaires de *Culex* dont les eaux sont polluées (*165*). Dans ces biotopes, *B. sphaericus* a un meilleur effet rémanent que la plupart des autres larvicides et il a en plus l'avantage d'être inoffensif pour les organismes non visés et de ne pas susciter de résistance (*168*). Le développement du produit se poursuit, mais d'autres arrivent déjà sur le marché. Des essais en situation réelle ont montré que les pastilles et les briquettes à base de *B. sphaericus* sont efficaces contre les larves de moustiques pendant plus de huit semaines (*165*).

Epandage

Après avoir bien mélangé à l'eau le concentré soluble, on procède à son épandage au moyen de pulvérisateurs manuels à pression préalable. Pendant l'opération, il faut

agiter le réservoir de temps à autre. La dose dépend de l'espèce visée et de la nature de l'eau. Pour détruire les larves de *Culex* dans les petites collections d'eau stagnante, on épand la suspension à raison de 0,1-10 ml/m^2. L'effet rémanent peut subsister 1 à 2 semaines à la dose la plus faible et 2 à 3 mois à la dose la plus forte. Les grandes superficies d'eau polluée sont traitées à raison de 1-4 litres/ha.

Biotopes situés à l'intérieur et à l'entour des habitations

Ces biotopes peuvent se subdiviser en deux grands types:

- Les gîtes larvaires en eau claire: il s'agit principalement de récipients remplis d'eau de pluie et qui, dans zones tropicales, conviennent bien à la reproduction de certaines espèces du genre *Aedes.*

- Les gîtes larvaires en eau polluée: il s'agit principalement de systèmes individuels d'assainissement et de collections d'eau stagnante et polluée qui constituent des lieux favorables à la reproduction des espèces de *Culex.*

Pour éviter la reproduction des moustiques à l'intérieur et à l'entour des habitations, il suffit de prendre des mesures simples de réduction des sources de prolifération. Ces mesures sont à la portée de toutes les familles et ne nécessitent pas l'intervention de spécialistes.

Gîtes larvaires en eau claire

La plupart des collections d'eau claire ont un caractère temporaire. Les récipients de jardin qui se remplissent d'eau lors d'une ondée, peuvent de nouveau être à sec en l'espace de quelques jours ou de quelques semaines. Ce sont des biotopes qu'affectionné *Aedes aegypti,* vecteur de la dengue et de la fièvre jaune ainsi d'ailleurs qu'*Aedes albopictus,* un autre vecteur de la dengue, connu dans les Amériques sous le nom de moustique-tigre. Ces espèces se reproduisent également dans les récipient, citernes etc... où l'on conserve l'eau destinée à la boisson et aux ablutions. *Aedes aegypti* se reproduit et se nourrit généralement à l'intérieur, tandis qu'*Aedes albopictus* est plutôt exophile et affectionne les endroits ombragés et les lieux de ponte tels que vieux pneus et décharges de détritus. *Anopheles stephensi,* qui est un vecteur du paludisme dans certaines agglomérations urbaines de l'Asie méridionale, choisit souvent comme gîtes larvaires, des mares, des citernes et divers récipients où l'on conserve l'eau destinée à la boisson.

Les gîtes larvaires en eau claire peuvent se subdiviser en deux groupes qui appellent des mesures de lutte de nature différente:

- Les gîtes temporaires à l'intérieur et à l'extérieur;
- Les gîtes permanents constitués par les récipients ou réservoirs d'eau, les puits et les mares ou étangs.

Gîtes temporaires à l'intérieur

Les gîtes larvaires des moustiques du genre *Aedes* se trouvent à l'intérieur et aux alentours des habitations: vases de fleurs, soucoupes placées sous des pots de plantes ornementales, pièges à fourmis non surveillés (récipients remplis d'eau qu'on place

sous les pieds des garde-manger), etc... (Fig. 1.103). Dans une maison vide, les moustiques peuvent se reproduire dans les cuvettes de W.C., les réservoirs des chasses d'eau et les tuyaux d'évacuation des salles de bain et des cuisines.

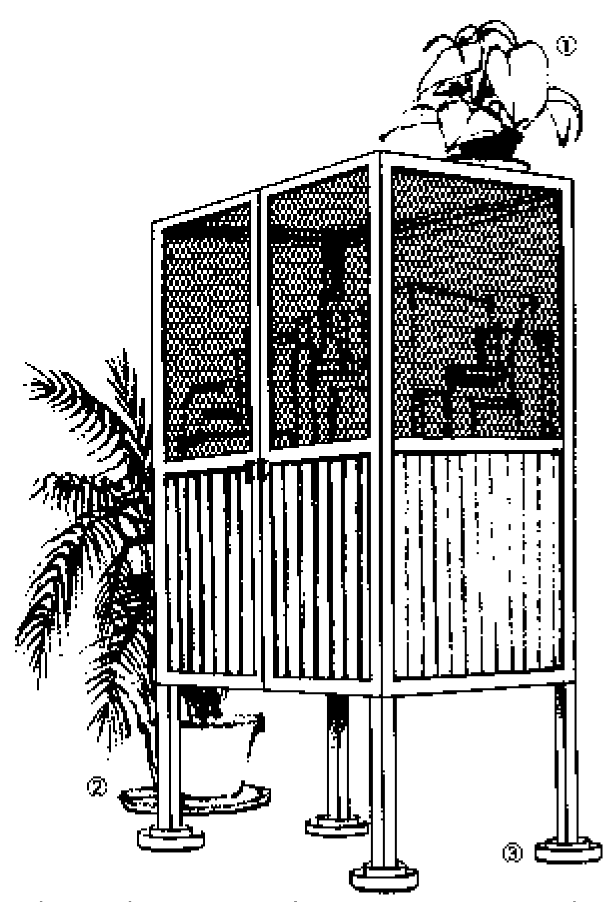


Fig. 1.103. Les moustiques du genre *Aedes* peuvent trouver dans les habitations des gîtes larvaires tels que vases (1), soucoupes de pots de fleurs (2) et pièges à fourmis (3).

Mesures de lutte

- Eviter de mettre trop d'eau dans les pots de fleurs.

- Changer fréquemment l'eau des vases et bien les gratter au préalable pour détacher des parois les œufs de moustiques qui pourraient y être fixés. On peut ajouter des granulés de sable enrobés de téméphos ou de fenthion à l'eau des vases ou des autres gîtes larvaires temporaires (Fig. 1.104).

- Dans l'eau des pièges à fourmis, on peut ajouter du sel ou des granulés au téméphos (p. 146) (Fig. 1.105); on peut aussi la surmonter d'une couche d'huile ou la remplacer par de la graisse.

- Dans une maison vide, il faut couvrir les cuvettes de W.C. ainsi que les crépines d'évacuations situées au niveau du sol et le trop-plein des réservoirs des chasses d'eau au moyen d'un grillage ou d'une pièce de tissu (Fig. 1.106). Pour une courte période, on peut avoir avantage à utiliser un désinfectant ou un larvicide (p. 165).

Gîtes temporaires à l’extérieur

A l’extérieur, les gîtes larvaires peuvent être constitués de tas de détritus, de vieux pneus, d’ustensiles de jardin et de cuisines abandonnés, de matériaux de construction, de gouttières, de citernes d’eau potable, de récipients divers, de plantes et autres objets en tous genres (Fig. 1.107). Dans les villages situés à proximité d’une plage ou au bord d’une rivière, le fond des bateaux peut également servir de lieu de ponte.



Fig. 1.104. On peut ajouter à l’eau des vases des granulés de sable enrobés de téméphos ou de fenthion.

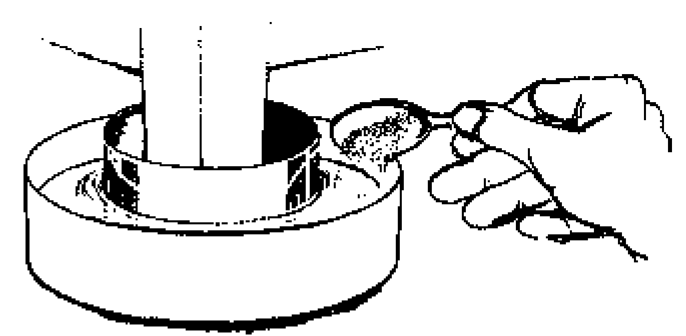


Fig. 1.105. Ajouter du sel ou des granulés de sable enrobés de téméphos à l’eau des pièges à fourmis.

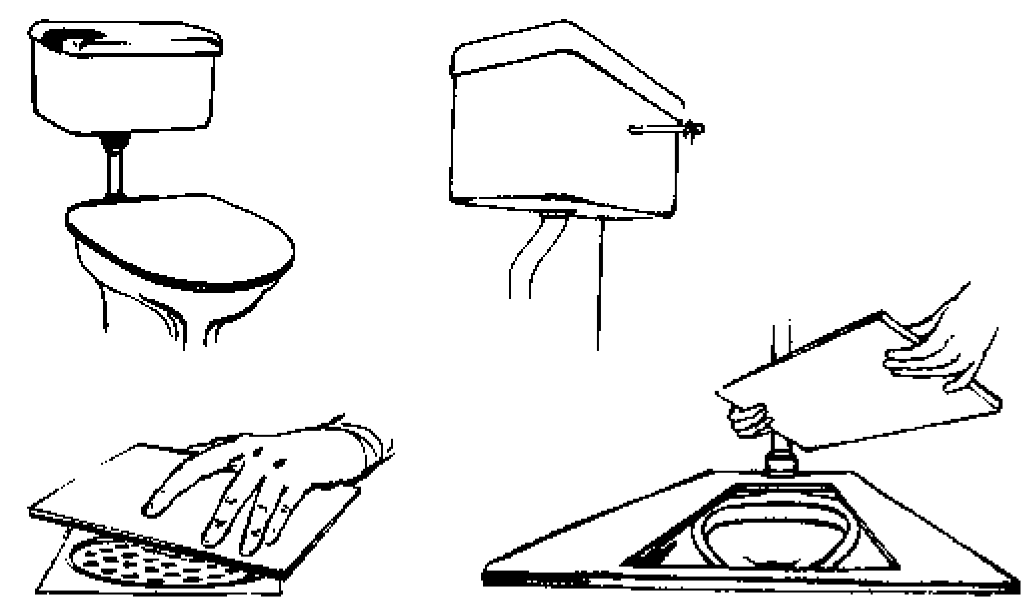


Fig. 1.106. Les cuvettes de W.C., les crépines d'évacuations des sols et les trop-pleins doivent être protégés contre les moustiques.

Mesures de lutte

• Il faut combler les petites mares avec de la terre, des pierres ou du sable et procéder ensuite au nivellement du terrain. Les mares plus profondes alimentées par l'eau de pluie peuvent être comblées avec de la caillasse que l'on recouvre ensuite de terre. Si les mares sont nombreuses pendant la saison des pluies, il est probablement plus facile de procéder à un traitement larvicide rapide (p. 141) par pulvérisations ou épandage manuel.

• Il faut se débarrasser des détritus, le cas échéant en utilisant le système local d'enlèvement des ordures (Fig. 1.108). Les collectivités peuvent également utiliser ces détritus pour combler des trous d'emprunt, des mares et autres dépressions du sol. Il faudra régulièrement les recouvrir d'une couche de terre pour éviter la prolifération des mouches, des moustiques et des rongeurs. La couche supérieure, constituée de terre tassée, devra avoir au moins 50 cm d'épaisseur et une pente de 1 à 5 cm par mètre pour assurer un drainage suffisant. Ce genre de décharge contrôlée (p. 126) évite la prolifération des moustiques, permet de se débarrasser des ordures et bonifie la terre. On utilise même les terrains où sont situées de telles décharges comme terrains à bâtir, espaces de jeu, etc...

• Il faut ranger les vieux pneus sous un toit ou une couverture quelconque pour éviter l'accumulation d'eau de pluie (Fig. 1.109). On peut également les percer pour que l'eau s'évacue ou les remplir de terre et s'en servir comme bacs à fleurs. Les accumulations d'eau de pluie dans de vieux pneus peuvent aussi être traitées par des larvicides ou de l'huile pour éliminer les larves (p. 141).

• Les objets volumineux tels que carcasses de voitures, de réfrigérateurs ou de machines à laver constituent d'importants gîtes larvaires et ne doivent pas être abandonnés à l'air libre car ils sont susceptible de créer des accumulations d'eau.

• Il faut ranger dans un endroit sec les seaux, jarres, arrosoirs et autres récipients en les couvrant ou en les retournant.

• Les matériaux de construction doivent être recouverts d'une feuille de plastique ou rangés dans un local couvert. Les moellons ou briques comportant des trous et destinés à l'érection de murs doivent être colmatés avec du sable ou du ciment (Fig. 1.110).

• Il faut inspecter périodiquement les gouttières et les chéneaux. Le cas échéant, on les nettoiera (Fig. 1.111) ou on les réparera en veillant à leur donner une pente de 1 cm pour 10 m environ, afin que l'eau ne s'y accumule pas.

• Les trous d'arbres peuvent être bouchés avec du mortier ou du sable (Fig. 1.112). L'aisselle des feuilles de bananier ou de broméliacées contient souvent de l'eau que l'on peut traiter avec du téméphos (p. 146).

• Les extrémités creuses des piquets de clôtures en bambou doivent être coupées jusqu'au niveau du premier nœud (Fig. 1.113) ou remplies de sable pour éviter que de l'eau ne s'y accumule.

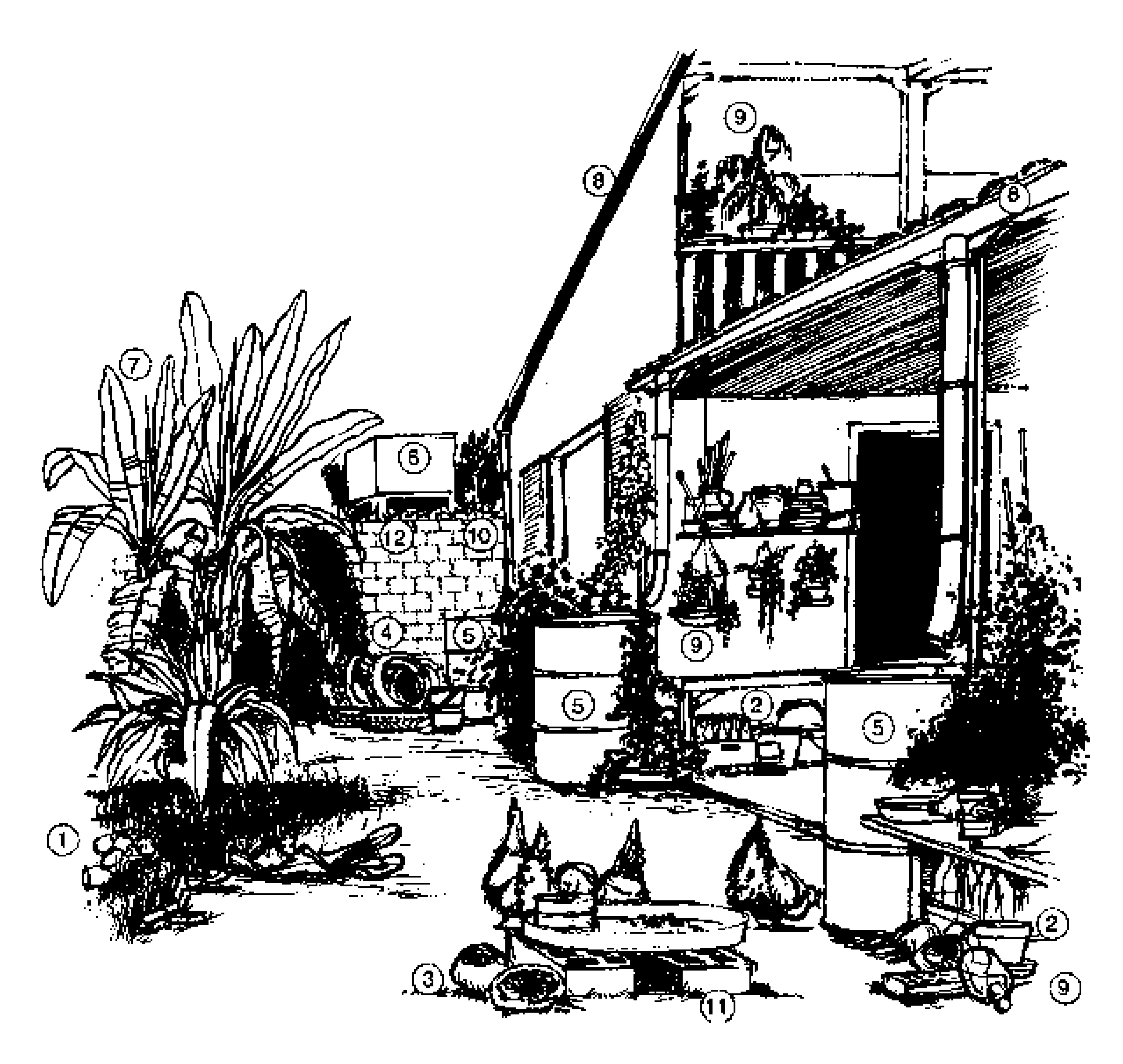


Fig. 1.107. Quelques exemples de gîtes larvaire d'*Aedes* situés à l'extérieur. La ponte peut s'effectuer dans 1) les vieilles boîtes de conserve ou récipients de plastique abandonnés, 2) les bouteilles, 3) les coques de noix de coco, 4) les vieux pneus, 5) les fûts et les tonneaux, 6) les citernes d'eau, 7) les broméliacées et l'aisselle des feuilles de bananier, 8) les gouttières bouchées, 9) les dessous de pots de fleurs, 10) les bouteilles cassées disposées sur les murs pour dissuader les cambrioleurs, 11) les matériaux de construction présentant des trous, 12) l'extrémité supérieure des murs de moellons.

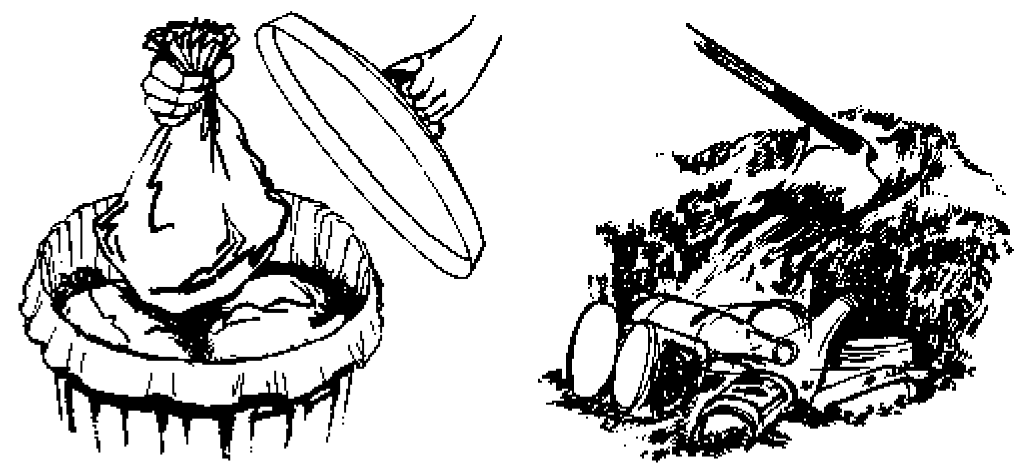


Fig. 1.108. Il faut se débarrasser des ordures dans de bonnes conditions d'hygiène en utilisant le système local d'enlèvement ou en les enterrant.

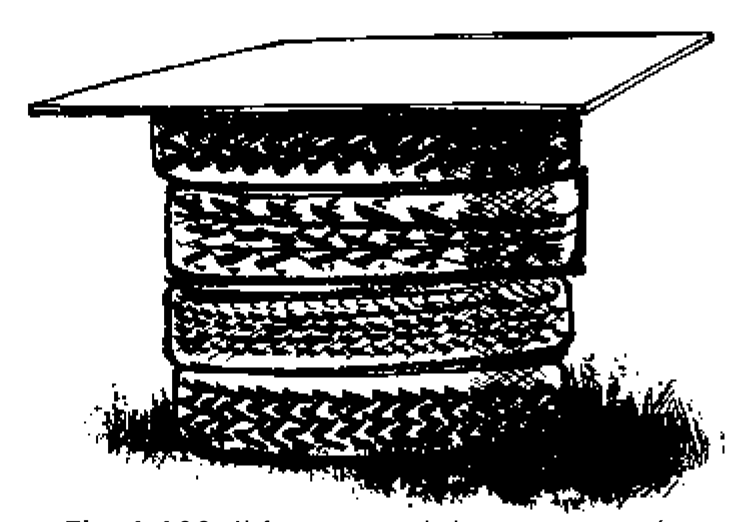


Fig. 1.109. Il faut recouvrir les pneus usagés.

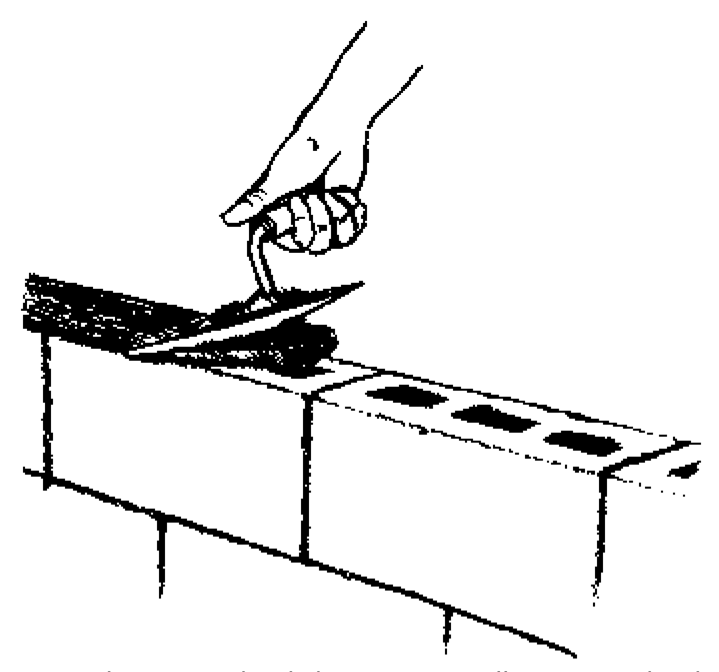


Fig. 1.110. Colmatage des trous des briques ou moellons avec du ciment ou du sable.

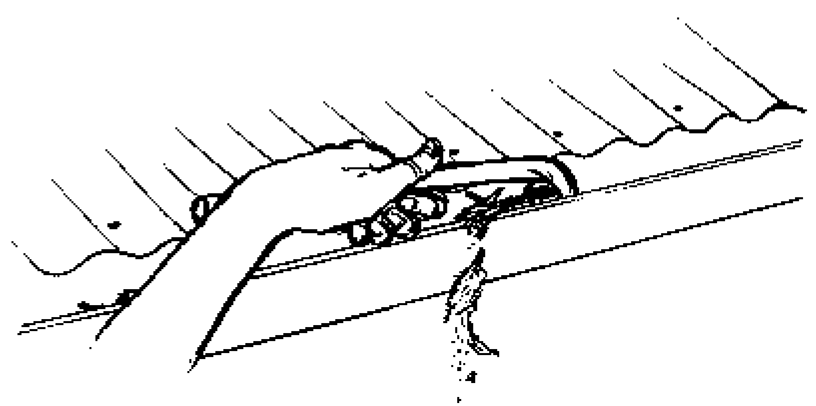


Fig. 1.111. Nettoyage régulier des gouttières et chéneaux.



Fig. 1.112. Colmatage des trous d'arbres avec du sable ou du mortier.

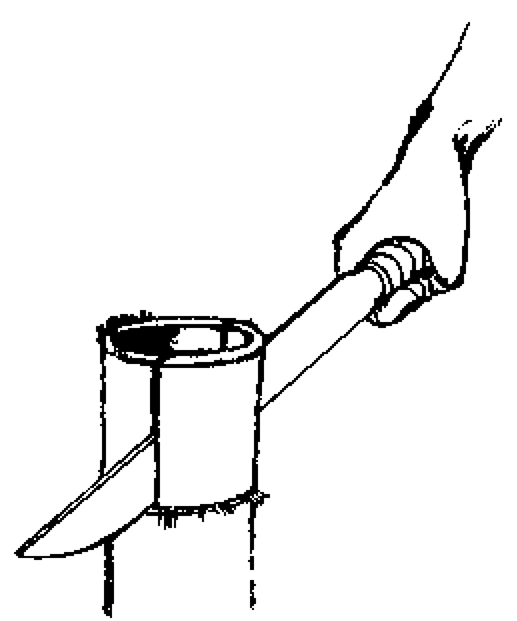


Fig. 1.113. Il faut couper les extrémités creuses des piquets de bambou jusqu'au premier nœud.

Gîtes larvaires permanents

Réservoirs et récipients d'eau

Les jarres, citernes et autres récipients ou réservoirs constituent de bons gîtes larvaires pour les moustiques du genre *Aedes* ainsi que pour *Anopheles stephensi.* La

mise en place d'un réseau d'adduction d'eau fiable et bien conçu permet de s'affranchir, dans une certaine mesure, des citernes et des réservoirs et devrait conduire à une raréfaction des gîtes larvaires. Les mesures destinées à éviter la prolifération des moustiques dans les récipients ou réservoirs ne doivent pas nuire à la qualité de l'eau ni en gêner l'addition ou le prélèvement.

Mesures de lutte

· **Les petites jarres** doivent être entièrement vidées environ une fois par semaine et il faut en gratter la surface intérieure pour éliminer les œufs de moustiques.

· **Les jarres ouvertes** doivent être dotées d'un couvercle rigide (Fig. 1.114). Les moustiques ne sont arrêtés que si les jarres ont des bords lisses et que le couvercle est bien ajusté.

· **Les jarres, fûts, tonneaux et autres récipients** doivent être recouverts avec une pièce de tissu ou du grillage (Fig. 1.115). On peut confectionner un couvercle souple suffisamment durable avec du grillage ou du tulle tendu sur un cadre. De cette façon, l'eau de pluie peut pénétrer.

· **Les réservoirs d'eau** peuvent être protégés contre les moustiques au moyen d'un couvercle fixe doté d'une ouverture grillagée permettant l'écoulement de l'eau tout en faisant office de filtre (Fig. 1.116). Il suffit de poser un robinet au bas du réservoir pour que celui-ci puisse rester en place en permanence. Le filtre doit être nettoyé ou changé régulièrement.

Les grands réservoirs d'eau peuvent être équipés d'une couverture grillagée autonettoyante. Il en existe un modèle en acier inoxydable encastré dans une équerre creuse en ciment (Fig. 1.117). L'eau de pluie s'écoule dans le réservoir à travers le grillage, qui retient les saletés. Celles-ci sont ensuite presque toutes chassées par l'eau qui s'écoule rapidement sur la pente.

Ce filtre a été mis au point à Tonga. On ne le trouve pas dans le commerce, mais on peut le fabriquer en grandes quantités à l'aide d'un moule en métal. Si une petite quantité suffit, il est plus commode de fixer le grillage sur une équerre de métal, de bois ou de tout autre matériau résistant à l'eau.

Les réservoirs surélevés et les citernes de toit qu'on remplit en pompant l'eau depuis le bas, ne possèdent pas d'orifice pour la collecte de l'eau de pluie. Ils sont en revanche souvent munis d'un trou de visite qui en permet également le nettoyage. Ce regard doit comporter un couvercle bien ajusté (Fig. 1.118).

· **Une couche de billes en polystyrène** (p. 131) couvrant complètement la surface de l'eau, empêche la prolifération des moustiques et réduit l'évaporation. On peut introduire les billes par l'ouverture inférieure dont sont dotés certains réservoirs. Si le niveau de l'eau dans le réservoir descend au-dessous de l'ouverture, il y a risque d'obstruction du tuyau. Pour éviter tout risque de ce genre, il faut munir l'orifice d'un solide grillage ou lui fixer un tuyau coudé descendant (Fig. 1.119). Ce dernier dispositif est couramment utilisé pour éviter que les saletés qui flottent en surface ne soient entraînées avec l'eau du réservoir.

Les réservoirs doivent être munis d'une couverture pour éviter que des oiseaux, des écureuils ou des lézards ne cherchent à s'aventurer sur la couche de billes.

· **Le téméphos** (p. 146), est un insecticide relativement efficace et sans danger que l'on peut utiliser pour traiter l'eau de boisson à une dose ne dépassant pas 1 mg/litre. A cette dose, il ne communique pas de goût décelable à l'eau et il n'est pas toxique pour l'homme, les mammifères et les poissons. On peut se le procurer sous la forme de granulés de sable imprégnés de 1% d'insecticide. Une fois versés dans la citerne, les granulés libèrent lentement l'insecticide pendant environ 4 à 6 semaines. Les granulés de téméphos sont meilleur marché et plus largement disponibles que le méthoprène ou le *B.t.* H-14.

Il est plus facile d'enlever les granulés lorsqu'on vide une jarre ou un pot d'eau pour le nettoyer, si l'on a pris la précaution de les envelopper dans un linge perméable. On peut aussi plus facilement les remettre après remplissage du pot (Fig. 1.120).

· **Le méthoprène** (p. 149) peut s'utiliser sans risque pour traiter l'eau de boisson, mais il coûte plus cher que le téméphos. Il existe sous forme de briquettes à libération lente qui peuvent durer jusqu'à cinq mois.

· ***Bacillus thurigiensis* H-14** (*B.t.* H-14) (p. 150) est un agent biologique sans saveur qui peut s'utiliser sans danger pour traiter l'eau de boisson. Il existe sous forme de granulés ou de comprimés (briquettes) qui flottent à la surface de l'eau et libèrent lentement le larvicide. Dans une citerne d'eau potable, les briquettes peuvent durer environ 4 semaines.

Poissons larvivores: certaines espèces de poissons qui se nourrissent de larves de moustiques peuvent être introduites dans les grands réservoirs situés à l'ombre et par conséquent protégés des grandes variations de température. Il faut un certain éclairement et un minimum de nourriture.

Pour qu'une espèce de poisson soit utilisable à cette fin, il faut qu'elle puisse longtemps survivre avec peu de nourriture et être capable de supporter certaines fluctuations de température. Il faut aussi disposer de poissons qui permettront de réempoissonner les réservoirs. La gambusie (*Gambusia affinis*) et le guppy (*Poecilia reticulata*) conviennent bien car ils sont faciles à élever en grandes quantités.

En Chine, on a obtenu de bons résultats avec un poisson-chat (*Clarias fuscus*), dont il suffit de placer un spécimen dans chaque pot ou réservoir d'eau (20-100 litres). Cette espèce est capable de survivre longtemps. Il faut cependant veiller à ce que le poisson ne saute pas hors du pot. En Somalie, on utilise avec succès des tilapias (*Oreochromis spiluris spiluris*) qu'on libère dans les réservoirs enterrés. Un seul poisson suffit pour 3 m^3 (*133, 148*).

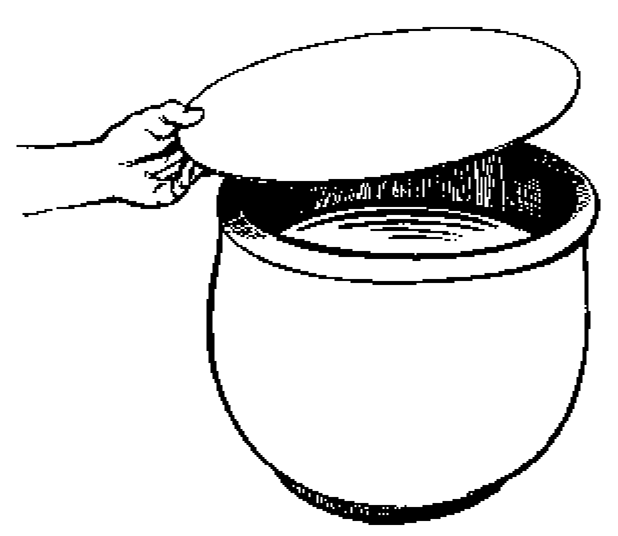


Fig. 1.114. Fermeture des jarres avec un couvercle hermétique.

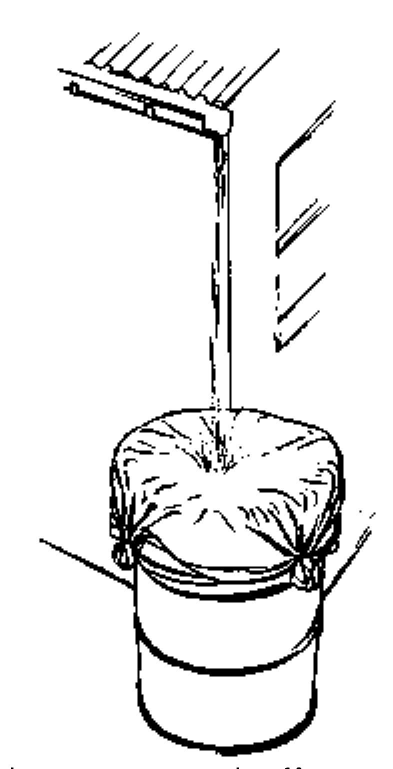


Fig. 1.115. Couverture des tonneaux et des fûts avec une pièce de tissu ou du grillage.

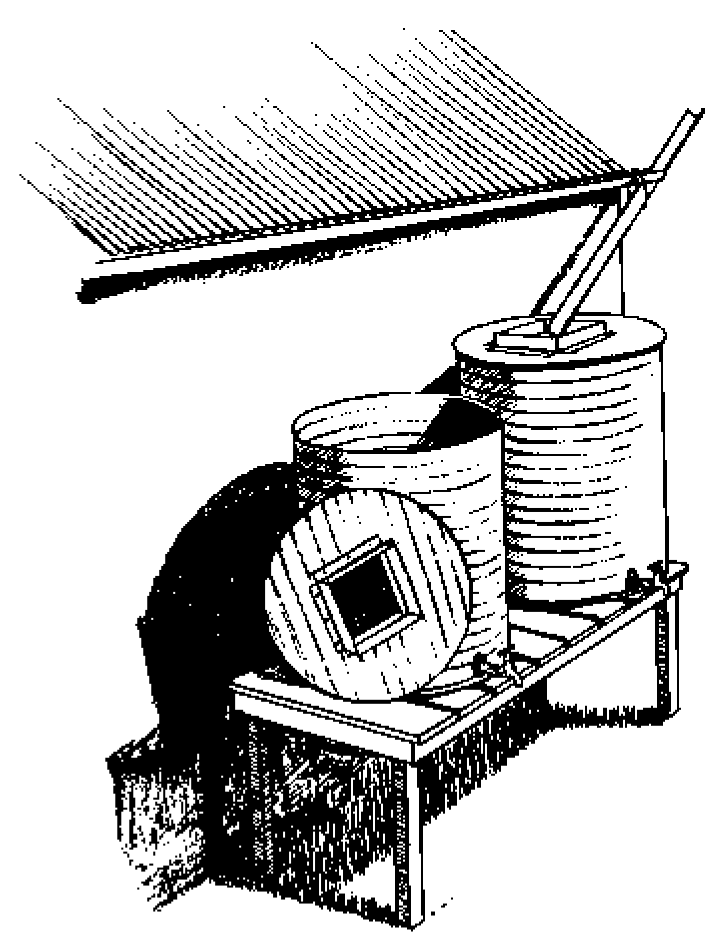


Fig. 1.116. Couvercle fixe avec ouverture grillagée.

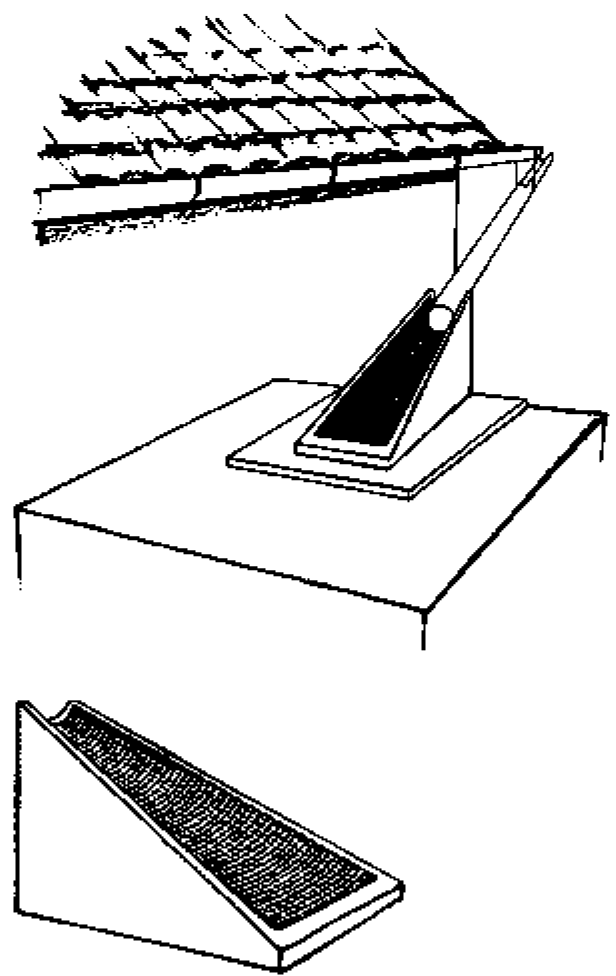


Fig. 1.117. Réservoir d'eau équipé d'une couverture grillagée autonettoyante.

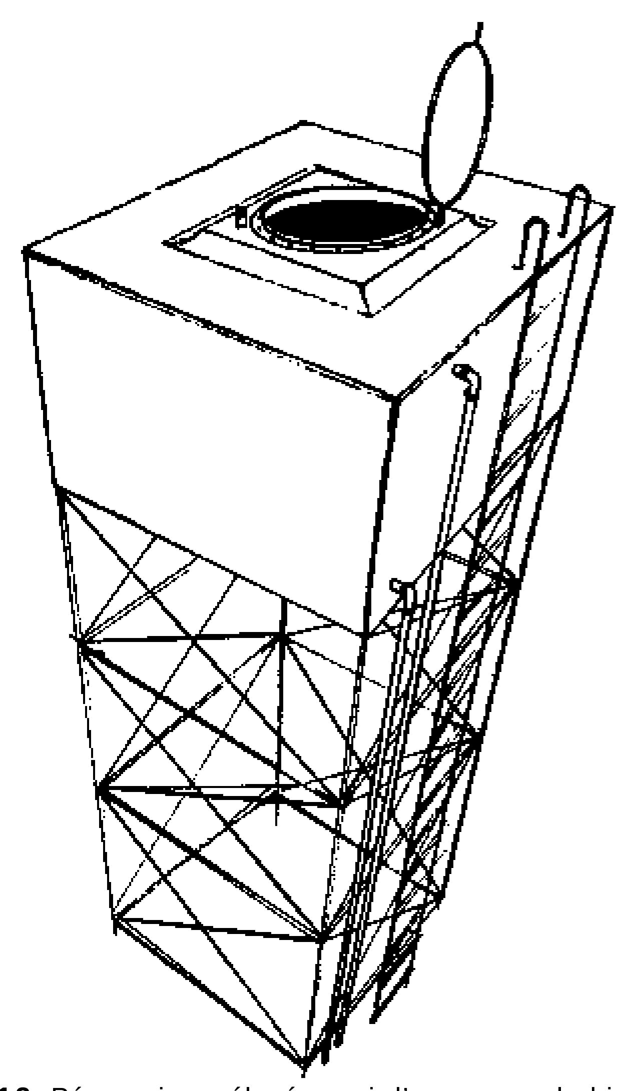


Fig. 1.118. Réservoir surélevé muni d'un couvercle bien ajusté.

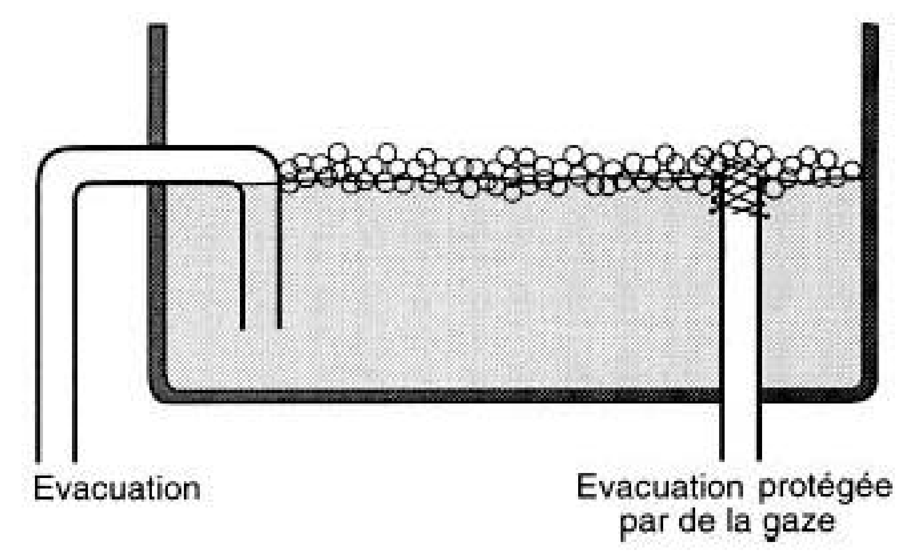


Fig. 1.119. Si on utilise une couche de billes en polystyrère, l'évacuation doit être protégée pour éviter l'obturation.

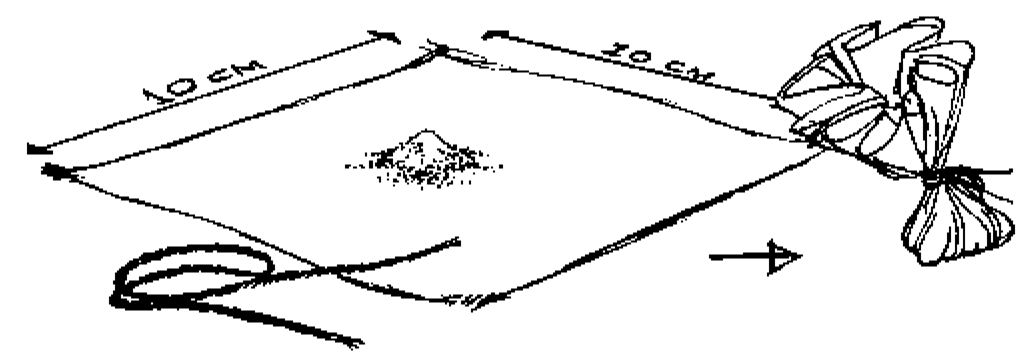


Fig. 1.120. On peut envelopper les granulés de téméphos dans un linge perméable avant de les introduire dans un récipient d'eau.

Puits et mares

Dans de nombreux pays tropicaux, les puits et les mares des zones rurales et suburbaines dont l'eau est relativement claire, sont utilisés comme gîtes larvaires par les anophèles. Les puits servant de sources d'eau potable peuvent être traités avec des larvicides (p. 141) comme le téméphos, le méthoprène ou *Bacillus thurigiensis* H-14 (p. 150) ou encore être empoissonnés avec des poissons larvivores (p. 136).

Par suite de l'installation de réseaux d'adduction, de nombreux puits ont été abandonnés. Ce serait une bonne solution que de les combler. Toutefois, si on veut les conserver en vue d'une réutilisation ultérieure, on pourra envisager l'introduction de poissons larvivores. Là où il n'y a pas de risque d'inondation, une solution efficace et durable consiste à couvrir l'eau des puits d'une couche de billes en polystyrène (p. 159).

De petites mares d'eau claire sont souvent présentes sur les chantiers de construction et au sous-sol des bâtiments. Il faut les combler ou les drainer. Parfois, la bonne solution consiste à introduire des poissons larvivores (p. 136) ou à épandre des larvicides (p. 141), de l'huile minérale, par exemple. Des mares d'eau relativement

propre se forment souvent aussi à proximité des bornes-fontaines qui ne sont pas dotées d'un bon système de drainage, par exemple une goulotte ou un puits perdu.

Gîtes larvaires en eau polluée

Culex quinquefasciatus, vecteur de la filariose urbaine dans certaines régions, se reproduit dans les systèmes d'assainissement individuels tels que les latrines à fosse, les fosses septiques, les puits perdus, les puisards, les fosses d'aisances, les drains et les canaux contenant des eaux stagnantes polluées par des déchets organiques. Il peut également choisir comme gîtes larvaires des collections d'eau polluées situées à proximité de petites industries familiales, par exemple des fosses où sont jetées les coques de noix de coco. Les mares, étangs et puits hors d'usage servant de décharge constituent également autant de gîtes larvaires. *Culex gelidus,* un important vecteur de l'encéphalite japonaise en Asie du sud-est, se reproduit également en eau polluée. Les latrines à fosse sont les principaux gîtes larvaires de certaines mouches (*Chrysomyia*) parfois présentes en grand nombre et susceptibles de transmettre aux aliments des agents pathogènes issus des matières fécales.

Latrines à fosse

Les latrines à fosse que l'on utilise pour l'évacuation des excréments humains, sont essentiellement constituées d'une simple excavation recouverte d'une dalle percée et entourée d'une paroi qui assure l'intimité de l'usager. Dans les zones où le sol est sec et poreux, ces fosses sont également sèches et seules les mouches s'y reproduisent. En revanche, là où la nappe phréatique est haute, ces fosses sont inondées et des milliers de *Culex quinquefasciatus* peuvent parfois en sortir. L'amélioration de l'assainissement consiste souvent à effectuer des travaux dont l'aboutissement est la mise en place d'un système de chasse d'eau permettant d'entraîner les excréments dans une courte canalisation raccordée à une fosse septique ou au réseau d'égouts.

Mesures de lutte

Meilleure conception des installations

En munissant les fosses d'une couverture adéquate, on empêche les insectes d'y pénétrer ou d'en sortir (*135*). Les couvercles de bois ou de métal ne permettent pas une fermeture suffisamment hermétique pour empêcher la pénétration des moustiques. En revanche, on peut fabriquer un couvercle de béton parfaitement ajusté en le coulant dans le trou qu'il est destiné à recouvrir (Figs. 1.121 et 1.122).

Inconvénients possibles

- Le couvercle est relativement lourd, de sorte que les enfants ont de la peine à le soulever.

- Les bords du couvercle s'abîment facilement et finissent par laisser passer insectes et odeurs.

- Possibilité d'allées et venues d'insectes et de dégagement d'odeurs lorsque le couvercle est soulevé.

- Coût élevé.

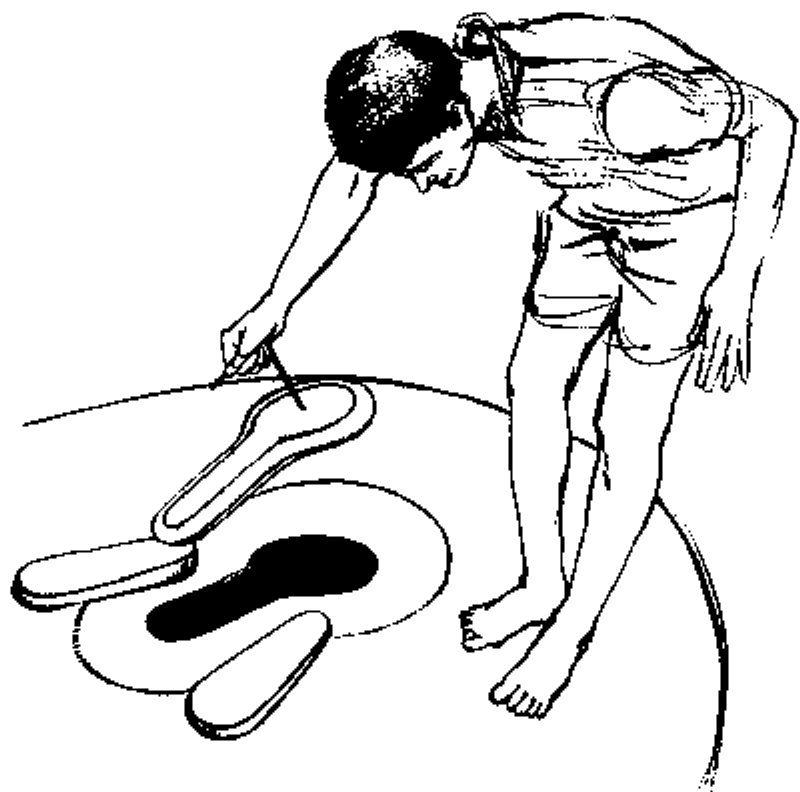


Fig. 1.121. Couvercle de latrine à l'épreuve des moustiques.

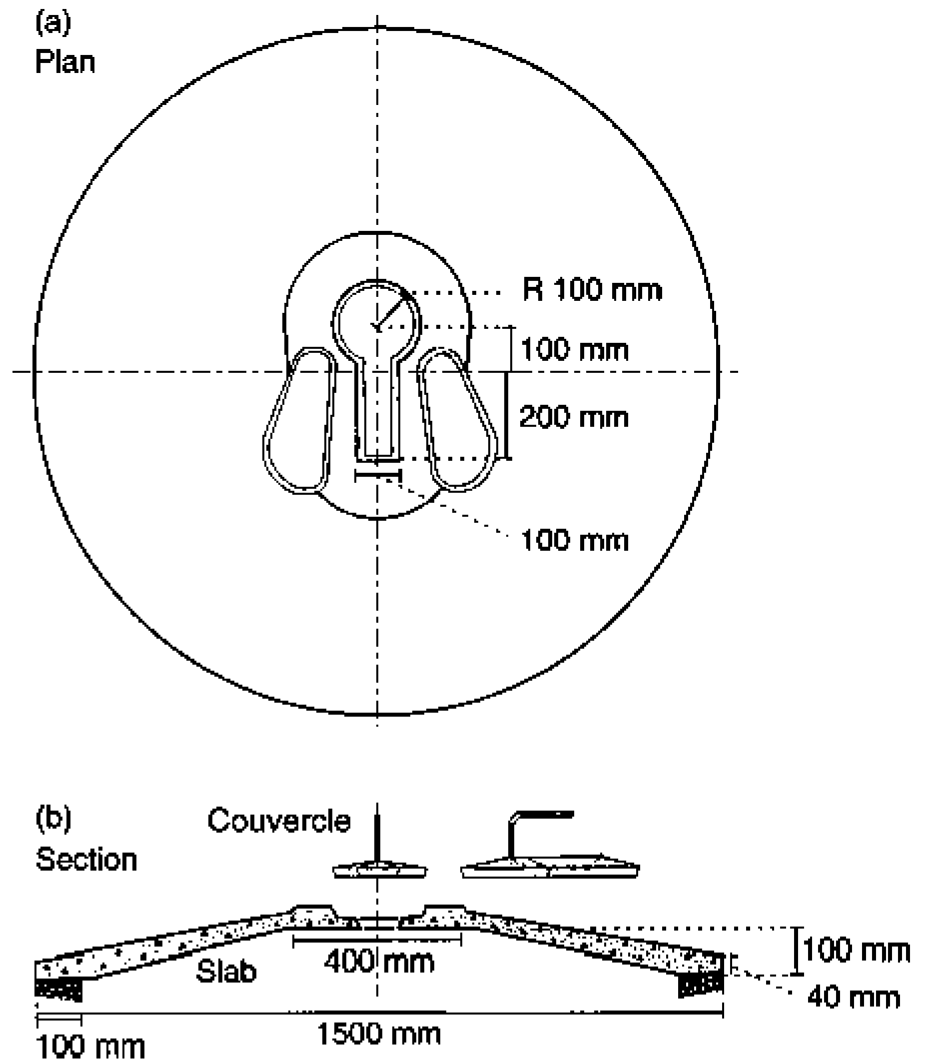


Fig. 1.122. Couvercle de latrine à l'épreuve des moustiques: a) vue en plan et b) vue en coupe avec cotes en millimètres (*169*). Copyright John Wiley & Sons Limited.

Latrine à chasse d'eau avec siphon (*135*). Les latrines à fosse peuvent être également dotées d'un joint hydraulique en S faisant siphon, qui empêche l'entrée et la sortie des insectes et fait obstacle aux odeurs (Fig. 1.123). Des dalles de latrines avec siphon incorporé sont couramment commercialisées dans les pays d'Asie. La chasse se fait en versant au moins un litre d'eau et le système fonctionne au mieux là les usagers ont l'habitude de se munir d'un récipient d'eau pour leurs ablutions. Pour ne pas boucher ou endommager le siphon, il faut éviter de jeter des objets solides dans la latrine.

Latrine améliorée autoventilée (*135, 170, 175*). Il s'agit d'une latrine munie d'un tuyau de ventilation qui permet d'évacuer les odeurs lorsque un courant d'air passe au sommet du tuyau. L'air frais est aspiré dans la fosse par le trou de défécation ménagé dans la dalle.

L'intérieur de la cabane qui surmonte la fosse est relativement sombre. Les mouches du genre *Chrysomyia* qui sortent de la fosse sont attirées vers le tuyau d'aération car le conduit est mieux éclairé que le trou de défécation. Ce genre de latrine est relativement efficace contre *Culex.* L'extrémité supérieure du tuyau d'aération étant

recouverte d’un grillage, les insectes ne peuvent pas s’échapper à l’extérieur et finissent par mourir.

Pour que l’installation fonctionne bien, il est essentiel que l’intérieur de la cabane soit sombre. Si elle est de forme rectangulaire avec une porte dans une des parois, il faut veiller à ce qu’elle soit toujours bien fermée, mais un espace libre doit être ménagé, en général au-dessus de la porte, pour que l’air puisse entrer.

Lorsque la porte est ouverte, elle laisse entrer la lumière, ce qui réduit l’efficacité de l’installation. Une structure en spirale sans porte permet de maintenir l’intérieur de la latrine dans l’ombre (Figs. 1.124 et 1.125).

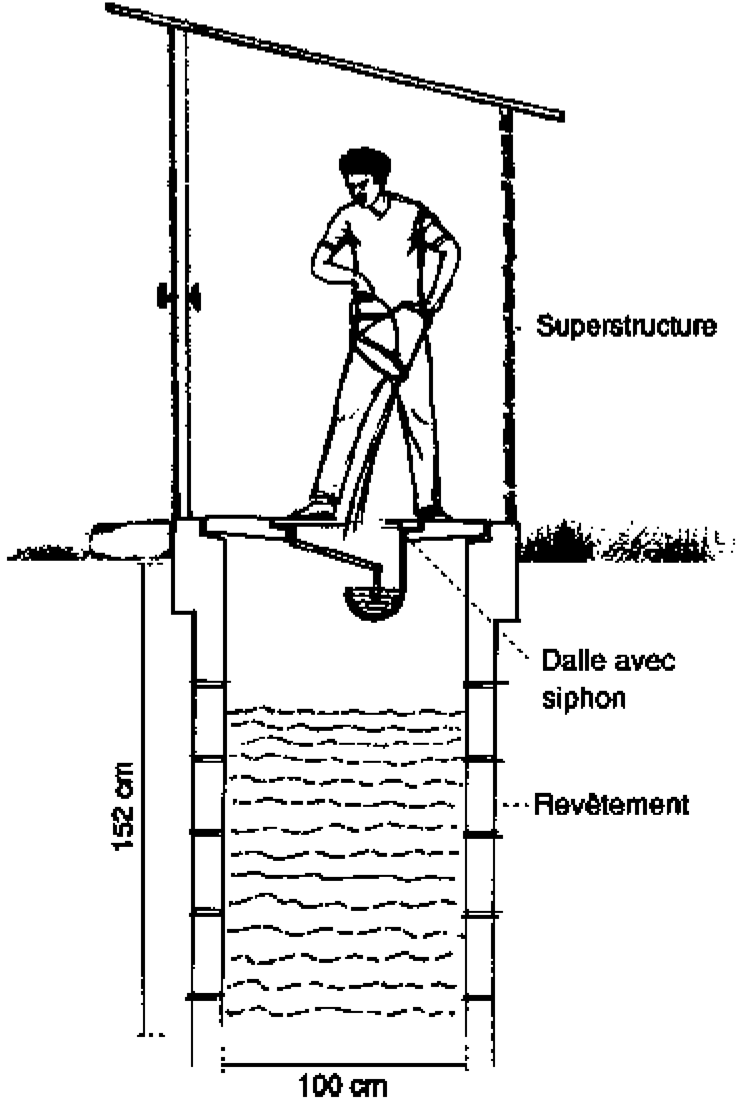


Fig. 1.123. Latrine avec système de chasse et siphon qui protègent contre les insectes et les odeurs.

Epandage de billes en polystyrène expansé

En déversant des billes en polystyrène expansé dans l'eau de la fosse, on peut former une couche uniforme à la surface. Il suffit d'une couche complète de 1 à 2 cm d'épaisseur pour éviter la prolifération des moustiques (p. 131). Ce système a en outre l'avantage d'arrêter les odeurs qui émanent de la fosse. Une fois que les matières l'on traversée, la couche se reforme immédiatement. Si la fosse s'assèche, les billes sont enterrées sous les excréments, mais dès que l'eau revient, la flottabilité des billes leur permet de regagner la surface. Si elles ne sont pas entraînées au loin par les inondations, les billes peuvent durer plusieurs années.

Epandage de larvicides

Pour détruire les moustiques qui infestent les latrines à fosse on peut utiliser de l'huile minérale (*156*), des larvicides chimiques comme le fenthion ou le chlorpyrifos, ou encore des larvicides bactériens comme *B. sphaericus* (p. 141). Sous forme liquide, il suffit de les verser dans la fosse, mais il est préférable de les pulvériser pour obtenir une meilleure répartition à la surface de l'eau. L'épandage peut se faire rapidement et ses effets sont immédiats. Ils ont pour principal inconvénient de nécessiter plusieurs retraitements, ce qui, à la longue peut se révéler onéreux. L'huile minérale et la plupart des larvicides chimiques ne restent actifs que quelques semaines, tout au plus. *B. sphaericus* peut rester actif jusqu'à huit semaines après l'épandage, notamment à forte dose.

L'avantage de l'huile minérale, c'est qu'on en trouve à peu près partout. On peut même se procurer gratuitement de petites quantités d'huiles de vidange qui suffisent pour le traitement d'une latrine. Il faut quand même se souvenir que l'huile n'a d'action larvicide qu'à la condition de recouvrir entièrement la surface à traiter. Malheureusement, l'huile ne s'étale pas toujours bien sur les surfaces très polluées et risque aussi d'être rapidement décomposée.

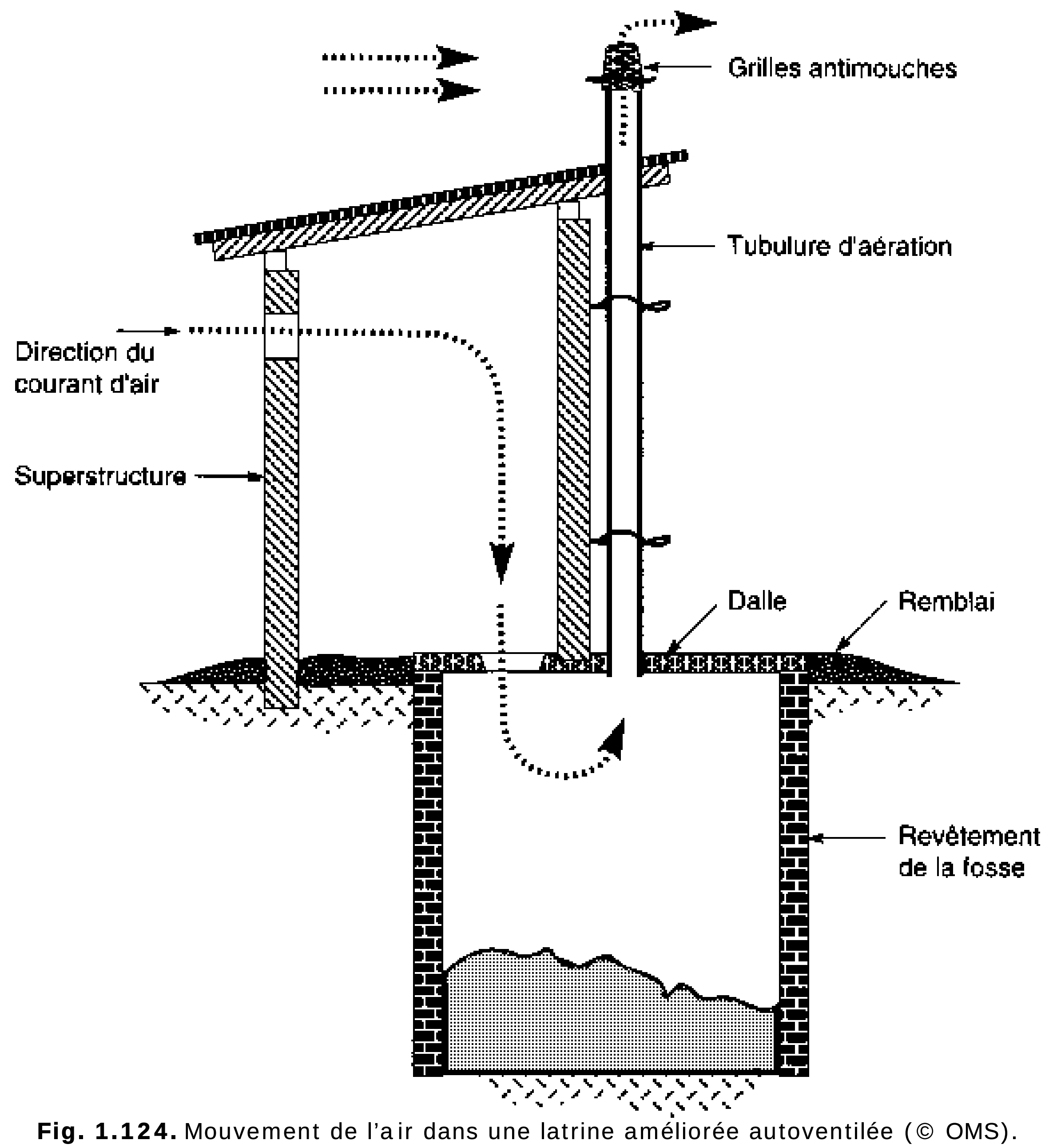


Fig. 1.124. Mouvement de l'air dans une latrine améliorée autoventilée (© OMS).

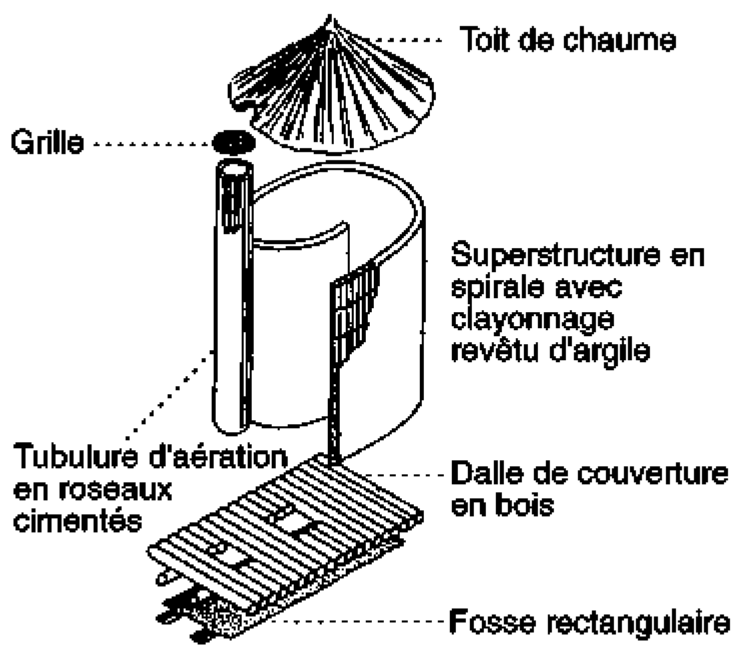


Fig. 1.125. Eléments constitutifs d'une latrine améliorée autoventilée avec superstructure en spirale faite d'un clayonnage revêtu d'argile et surmontée d'un toit de chaume (*176*).

En ce qui concerne les larvicides chimiques, les doses doivent être plus fortes que pour le traitement d'une eau claire. D'autres produits que le fenthion ou le chlorpyrifos sont utilisables. En tout état de cause, les larvicides doivent rester actifs au moins pendant quelques semaines.

Fosses septiques

Là où il n'existe pas de réseau d'égout sous canalisations, il est courant de rejeter les eaux-vannes dans des fosses septiques. Ces fosses consistent en réservoirs de décantation étanches où sont déversés les déchets entraînés par une chasse d'eau le long d'une courte canalisation. La décantation qui s'opère dans la fosse permet de séparer les liquides des matières solides, qu'il faut d'ailleurs vidanger de temps à autre. Un orifice permet la sortie des liquides qui s'écoulent en général dans un puits perdu ou dans un drain. Le trop-plein forme parfois une flaque qui peut faire office de gîte larvaire pour les moustiques. Les fosses sont des gîtes peu visibles mais très importants pour les moustiques du genre *Culex.* On peut aussi y trouver des *Aedes.* Les moustiques pénètrent dans la fosse en passant par la tubulure d'aération et par les orifices d'entrée et de sortie de l'eau (Fig. 1.126).

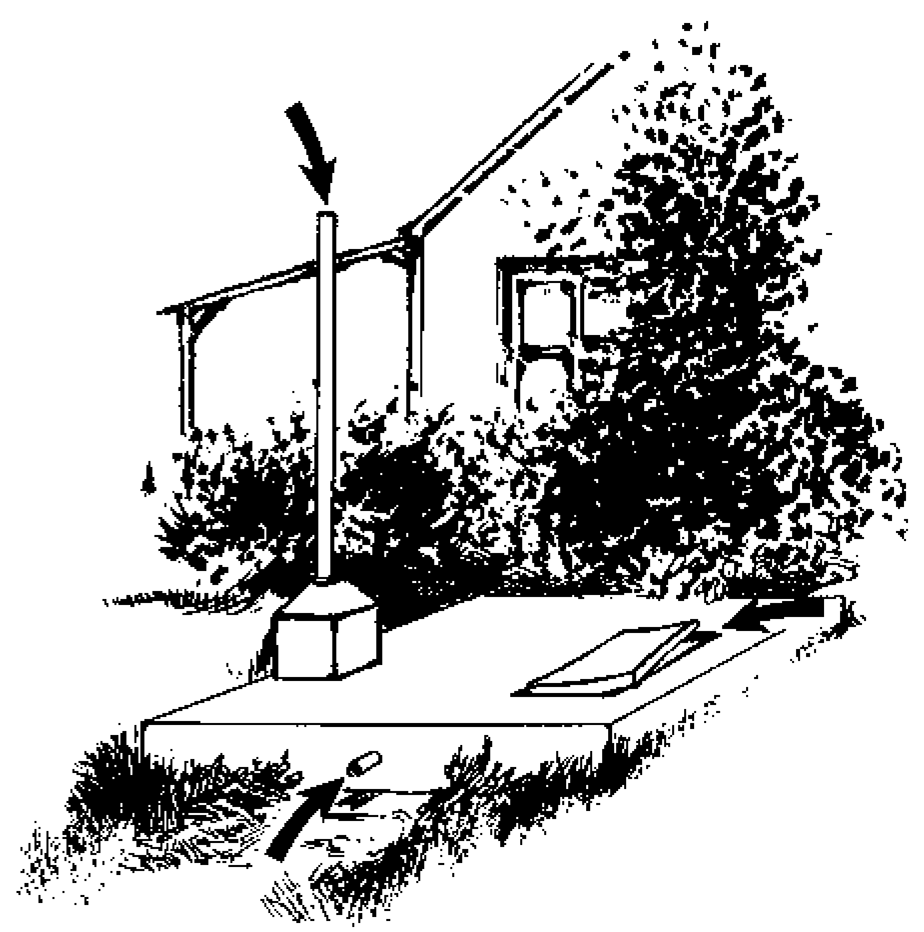


Fig. 1.126. Les fosses septiques constituent souvent d'importants gîtes larvaires de *Culex.* Les moustiques vont et viennent par la tubulure d'aération, l'orifice du trop-plein et toute ouverture mal fermée.

Lorsque l'on ouvre la fosse pour la vidanger ou l'inspecter, il se forme fréquemment des craquelures, fissures etc... dans le couvercle; il faut les boucher sans délai.

Mesures de lutte

• Poser un grillage métallique (aluminium ou acier inoxydable) sur l'ouverture de la tubulure d'aération.

• S'assurer de la bonne fermeture du couvercle; il est commode, pour une bonne étanchéité, de le recouvrir de sable. Les gros interstices peuvent être bouchés avec du caoutchouc-mousse.

• S'il y a un excès d'eau à évacuer périodiquement, on pourra creuser un puits perdu (voir plus loin).

• Fermer l'orifice de sortie avec un matériau facile à enlever.

• Epandre de l'huile, des larvicides chimiques ou des billes de polystyrène si les mesures précitées ne sont pas applicables (se reporter à la partie qui concerne les

latrines à fosse humide). Si on utilise des billes de polystyrène, il faut munir l'orifice de sortie d'une crépine pour éviter que les billes ne soient chassées à l'extérieur.

Puits perdus

Dans les zones urbaines en expansion rapide, il n'existe guère d'installations pour l'évacuation des eaux usées. Dans ces conditions, les résidents peuvent être amenés à creuser des puits sur les lieux ou à proximité de leur habitation afin d'y rejeter leurs eaux-vannes. Les eaux résiduaires qui sont rejetées dans des puits perdus ont tendance à stagner et constituent donc des gîtes larvaires favorables pour les moustiques du genre *Culex,* ou, plus rarement, *Aedes.*

Mesures de lutte

- Combler les puits avec de petits cailloux (Fig. 1.127).

- Si le puits ne déborde pas régulièrement, y épandre des billes de polystyrène (p. 131).

- Epandre des larvicides chimiques (p. 141) pour obtenir immédiatement une protection de courte durée.

Réseaux de drainage

Les agglomérations urbaines disposent en général d'un double réseau de drainage, l'un pour la collecte des eaux résiduaires (eaux de lavage) et des effluents et l'autre pour l'évacuation des eaux de pluie (réseau pluvial). Les eaux de pluie sont souvent évacuées par un réseau de surface tandis que les effluents le sont, soit par un réseau de canalisations enterrées, soit par un réseau de surface fréquemment raccordé au réseau de collecte des eaux de pluie. On pourrait penser que les réseaux souterrains constituent la meilleure solution puisqu'ils sont difficilement accessibles aux moustiques. En fait, les couvercles posés sur les trous de visite ne ferment pas toujours hermétiquement et lorsque des problèmes surviennent, ils sont difficiles à résoudre. En cas de colmatage des canalisations enterrées, il peut y avoir débordement et formation de flaques qui sont autant de gîtes larvaires pour les moustiques. Le réseau de surface se substitue souvent au réseau souterrain lorsque celui-ci est obstrué.

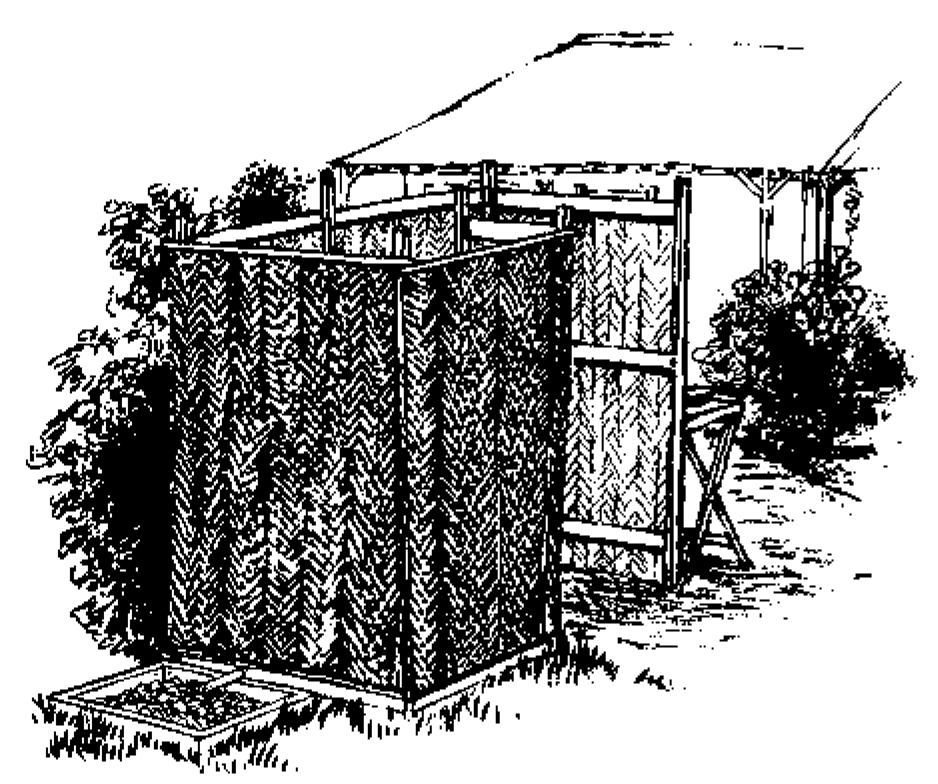


Fig. 1.127. Un puits perdu qui recueille les eaux résiduaires de la lessive et des ablutions peut être comblé avec des cailloux pour empêcher les moustiques d'y établir un gîte larvaire.

En donnant une certaine pente aux drains de surface, on assure une vitesse d'écoulement suffisante pour permettre l'autocurage des drains et empêcher la reproduction des moustiques. A partir du moment où un drain commence à se colmater, le débit diminue et le risque d'obstruction totale augmente. Si, en plus, on rejette des ordures dans les drains, il se crée des conditions favorables à la prolifération des *Culex* et autres moustiques. La couverture partielle des drains de surface en rend l'inspection, le curage et l'entretien plus difficile.

Mesures de lutte

- S'assurer que les trous de visite des drains enterrés sont bien fermés.

- Veiller à ce que le réseau soit correctement entretenu et que les réparations soient effectuées sans délai.

- Enlever la saleté, les débris et détritus et tout ce qui peut faire obstacle à l'écoulement de l'eau (Fig. 1.128).

- Nettoyer périodiquement les drains à l'eau claire afin d'éliminer les saletés et les débris divers qui les encombrent et détruire les gîtes larvaires de moustiques. Cette opération est réalisable là où l'eau est abondante (par exemple, au bord de la mer).

- Pour un effet immédiat mais de courte durée, on épandra de l'huile ou un larvicide chimique aux endroits où l'on observe des larves.

Habitats naturels des moustiques

Un certain nombre d'espèces de moustiques vecteurs de maladies se reproduisent à distance de l'environnement domestique, dans des biotopes naturels tels que marécages, cours d'eau, lacs ou étangs ou dans des biotopes résultant de l'activité humaine tels que réservoirs, citernes, réseaux d'irrigation, champs irrigués ou trous d'emprunt. On peut souvent éviter que les moustiques ne se reproduisent dans ces biotopes en les rendant inutilisables grâce à un aménagement approprié des lieux qui facilite en outre la mise en œuvre de mesures de démoustication.

En milieu rural, il faut bien connaître le comportement et les gîtes larvaires des espèces visées pour pouvoir lutter efficacement contre les larves. Les opérations de lutte doivent être planifiées, mises au point et supervisées par des spécialistes de la lutte antivectorielle afin d'éviter les erreurs et de ne pas gaspiller de précieuses ressources. Sur certains sites tels que les marécages, les cours d'eau et les lacs ces opérations doivent être également confiées à des spécialistes. Toutefois, le traitement de gîtes larvaires de dimensions plus modestes nécessite souvent la participation des services de santé locaux, des collectivités locales, des agriculteurs et autres personnes si l'on veut qu'elles soient couronnées de succès.

Les opérations de lutte sont essentiellement dirigées contre les anophèles vecteurs du paludisme, dont les gîtes larvaires sont très divers. Sont également visés les *Mansonia* vecteurs de la brugiose (filariose à *Brugia*), qui se reproduisent dans des marécages et des mares, ainsi que les *Culex* vecteurs de l'encéphalite japonaise, dont les gîtes se situent principalement dans les rizières et les fossés adjacents.

Les opérations de lutte antilarvaire doivent généralement être menées dans un périmètre dépourvu d'habitations de 1, 5 à 2 km de rayon, qui représente la distance de vol de la plupart des espèces de moustiques. Dans certains secteurs, la transmission de la maladie et la reproduction des moustiques se limite en grande partie à des périodes bien déterminées de l'année, au cours desquelles les opérations de démoustication revêtent une importance particulière.



Fig. 1.128. Il faut éliminer les saletés et les débris divers qui font obstacle à l'écoulement de l'eau dans les réseaux de drainage.

Marécages

Dans de nombreux pays, la bonification des terres liée au développement urbain et rural réduit l'importance des gîtes larvaires en terrain marécageux.

Mesures de lutte

Réduction des sources de prolifération

Au cas où des marécages se révéleraient abriter des gîtes, on peut envisager de les assécher et de les combler s'ils sont de petite dimension et à peu de distance d'une ville. C'est une mesure qui est en revanche peu économique si les marécages sont étendus et qu'il n'y a pas d'établissements humains à distance de vol. Les gîtes larvaires peuvent être drainés (p. 123) et asséchés en réduisant l'alimentation en eau du marécage ou en augmentant le débit de drainage. On peut quelquefois réduire l'alimentation en eau d'un marécage en creusant tout autour des fossés collecteurs, en général au pied d'une élévation de terrain (Fig. 1.129). On peut aussi creuser des fossés au milieu du marécage. Une autre solution envisageable consiste à édifier un barrage dans le contrebas du marécage, ce qui permet de le transformer en un lac profond où les larves ne peuvent pas subsister. Les marécages peu profonds et les terrains où la nappe phréatique est haute peuvent être assainis par la plantation d'eucalyptus (p. 131).

Larvicides

On utilise parfois des larvicides dans les situations d'urgence. Ce sont les granulés qui conviennent le mieux car ils sont faciles à épandre et tombent dans l'eau sans être arrêtés par la végétation. On peut aussi procéder à des pulvérisations sous volume ultra-faible au moyen de brumisateurs actionnés manuellement, montés sur véhicules ou embarqués à bord d'aéronefs, ces derniers étant utilisés en vue d'une action rapide sur des zones étendues difficiles d'accès par d'autres moyens (p. 146). Si la nébulisation s'effectue au vent d'un marécage, les gouttelettes d'insecticide vont être entraînées loin à l'intérieur de celui-ci. Les marais temporaires qui sont submersibles pendant et après la saison des pluies, peuvent être traités au moyen de formulations libérant lentement un régulateur de croissance (briquettes) (p. 148).

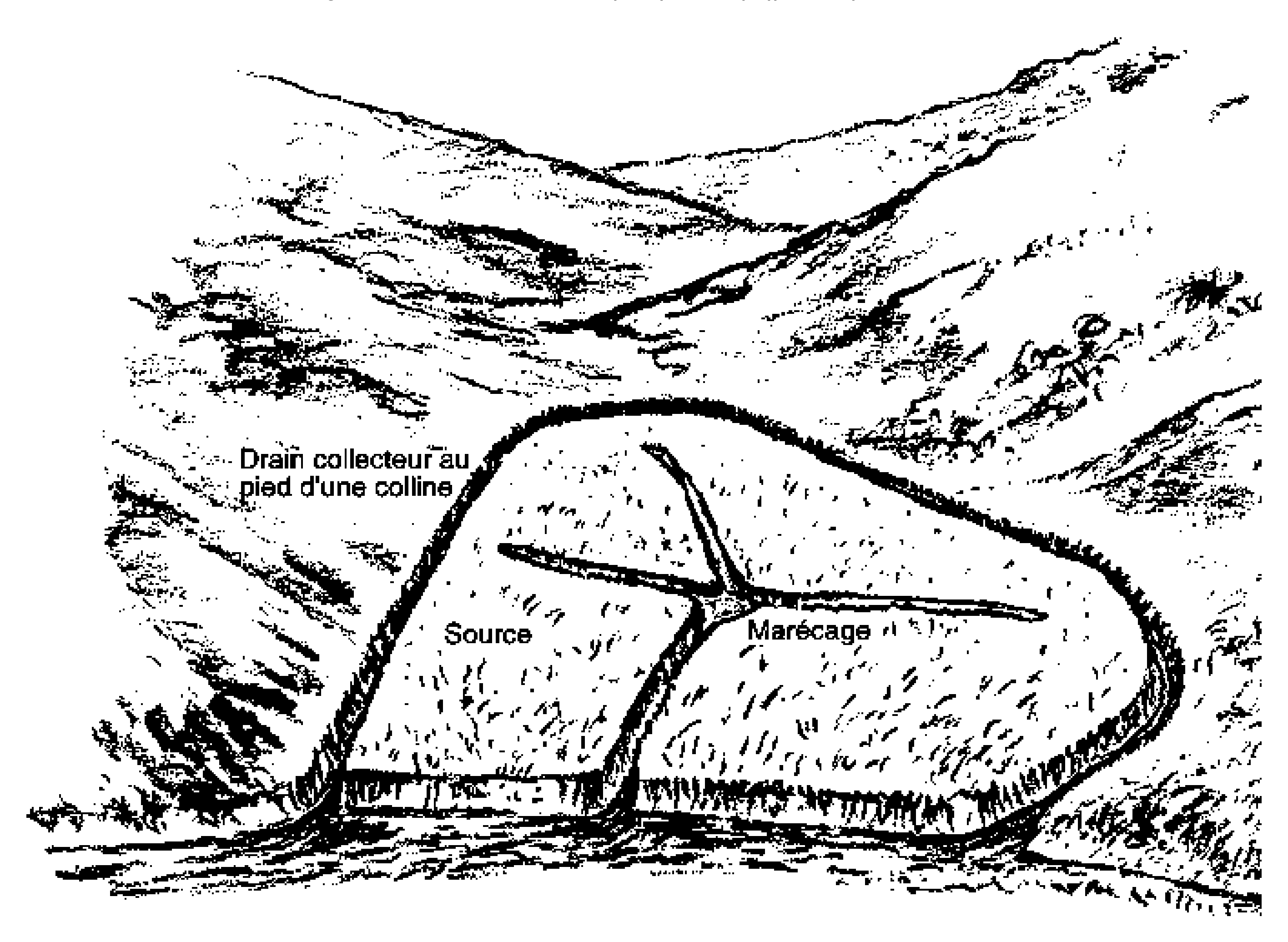


Fig. 1.129. Assainissement d'un terrain marécageux à l'aide de drains collecteurs (*131*).

Marécages littoraux et lagons

Il existe souvent, en arrière du littoral, des marécages et des étangs qui se remplissent d'eau salée lors des marées de printemps mais ne sont pas soumis à l'action quotidienne de la marée. Comme dans le cas des marais et étangs d'eau douce, on peut les drainer ou les combler, si cette solution est réalisable d'un point de vue économique. On peut aussi installer des vannes automatiques qui laissent l'eau

s’échapper à marée basse lors du jusant mais l’empêchent d’entrer à marée haute lors du flux. Plus simplement, il est possible de mettre les marécages ou les étangs en communication avec la mer au moyen de fossés ou de caniveaux d’assainissement. L’action de la marée peut alors s’exercer et la présence alternée d’eau salée et d’eau douce empêche la plupart des espèces de moustiques (à l’exception d’*Anopheles melas* en Afrique occidentale) d’y établir leurs gîtes larvaires (Fig. 1.130).

Pour combattre les moustiques nuisibles (notamment ceux du genre *Aedes*) qui se reproduisent dans les marécages d’eau saumâtre soumis à l’action de la marée, on utilise parfois des granulés qui ne libèrent leur principe actif qu’une fois le terrain submergé, c’est-à-dire au moment de l’éclosion des œufs.

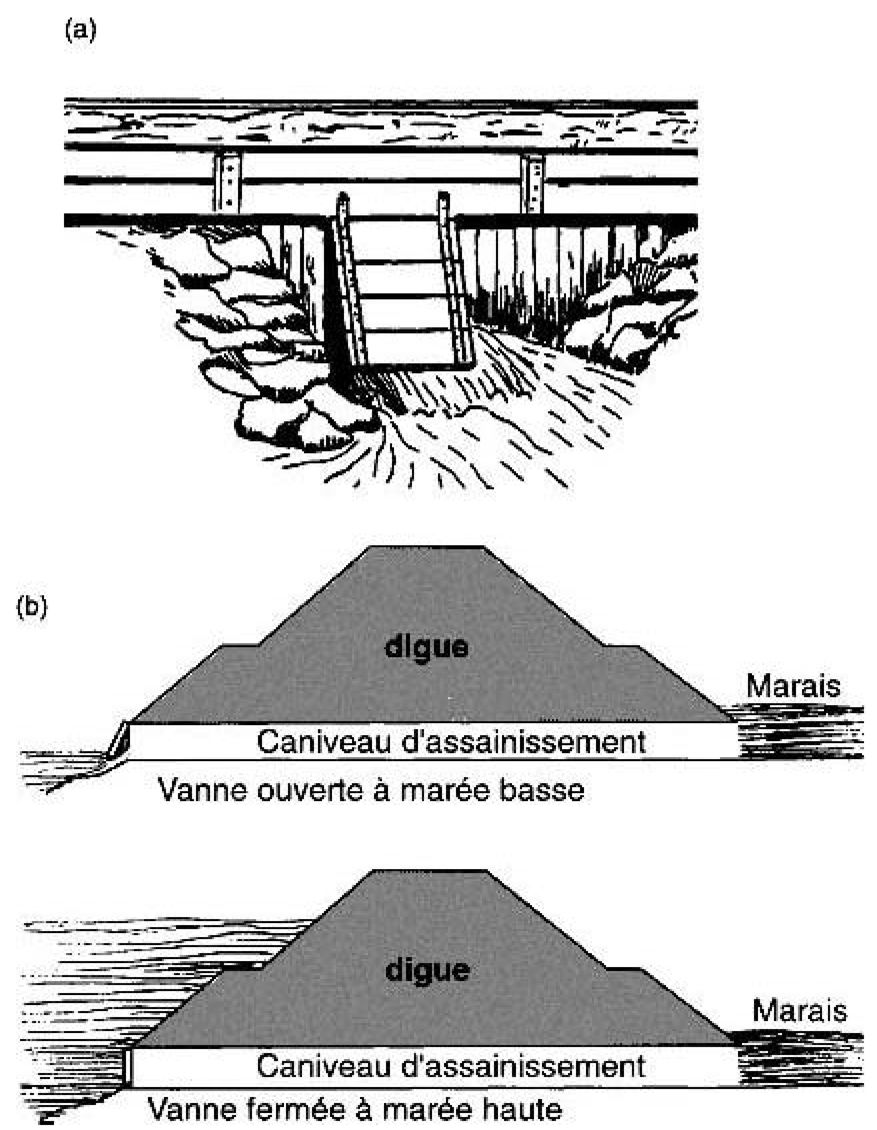


Fig. 1.130. Des vannes peuvent permettre à l’eau d’un marécage de se déverser dans la mer, tout en empêchant l’entrée de l’eau de mer à marée haute (*133*).

Lacs et réservoirs

Lorsque des moustiques choisissent des lacs ou des réservoirs pour se reproduire, ils établissent généralement leurs gîtes larvaires le long des berges, là où l'eau est peu profonde et où la végétation les protège des poissons, des vagues et d'un ensoleillement excessif.

Mesures de lutte

Fluctuations du niveau de l'eau

Il est parfois possible d'édifier un barrage muni d'une vanne au débouché d'un lac, comme on le fait habituellement pour les retenues d'eau artificielles. Ce dispositif permet de faire monter ou descendre périodiquement le niveau des eaux (p. 133). En maintenant la surface des eaux à un niveau élevé, on détruit les plantes terrestres qui peuplent les berges. Pendant la saison de reproduction des moustiques, on maintient le niveau des eaux aussi bas que possible de manière que les larves et les objets flottants viennent s'échouer sur les berges et que la végétation aquatique ne puisse plus se développer. Il se crée ainsi autour du lac une zone dégagée qui n'offre plus aucune possibilité de gîtes larvaires aux moustiques. On fait monter et descendre le niveau des eaux tous les 7 à 10 jours, c'est-à-dire à intervalles plus courts que la durée de développement des stades aquatiques du moustique. Si nécessaire, on peut compléter cette opération en éliminant les débris et les végétaux flottants.

Larvicides

Il est possible d'épandre des larvicides à partir d'un bateau à l'aide d'un pulvérisateur motorisé.

Cours d'eau

Les moustiques établissent leurs gîtes larvaires dans les zones de calme des cours d'eau situées à proximité des berges, là où ils sont protégés du courant par divers obstacles tels que des racines ou des plantes en saillie etc... Il est généralement difficile de détruire les larves car les surfaces à traiter sont très étendues. Il faut donc procéder à une étude minutieuse des sites pour déterminer la position exacte des gîtes larvaires.

Mesures de lutte

Réduction des sources de prolifération

On peut parfois réduire le nombre des gîtes larvaires en éliminant les obstacles et la végétation des berges ou encore en égalisant les berges et en accentuant la pente pour accroître la vitesse du courant. Pendant la saison sèche, des mares peuvent se former dans le lit des cours d'eau (Fig. 1.131). Pour éviter qu'elles ne servent de gîtes larvaires, on peut les drainer vers le courant principal. Les plus petites peuvent être comblées.

Larvicides

S'il se forme des mares dans le lit des cours d'eau, on peut y épandre des larvicides (p. 133) qui ne soient toxiques ni pour les poissons, ni pour les animaux qui viennent s'y

désaltérer. Si ces mares s'assèchent rapidement, il suffira d'un seul épandage. En revanche, si elles subsistent un mois ou davantage, il est recommandé d'épandre une formulation qui libère lentement sa matière active, par exemple des granulés de sable imprégnés de téméphos, pour éviter d'avoir à retraiter le site trop souvent.



Fig. 1.131. Pendant la saison sèche, les moustiques peuvent se reproduire dans les mares stagnantes qui se forment dans le lit des cours d'eau.

Petits ruisseaux

On a pu combattre avec un certain succès les moustiques de l'espèce *Anopheles maculatus,* un vecteur du paludisme en Asie du sud-est, qui se reproduit dans les ruisseaux qui dévalent les hauteurs boisées de ces régions. C'est ainsi que l'on parvient parfois à l'empêcher de se reproduire en traitant les zones d'eau calme ou stagnante des ruisseaux au moyen d'un larvicide chimique ou d'une huile inoffensifs pour les poissons (p. 141). On a également érigé quelques barrages de petite dimension en amont des gîtes larvaires. On peut alors procéder à des lâchers d'eau périodiques qui permettent d'entraîner les larves au loin (p. 133) et de détruire leurs habitats. Les vannes de ces barrages sont actionnées manuellement ou automatiquement et on dispose ainsi d'un système permanent dont les frais d'exploitation sont modestes.

Etangs

Les moustiques du genre *Anopheles* ou *Mansonia* se reproduisent souvent dans des étangs dont les eaux ne sont pas polluées. Les *Mansonia* ne sont présents que là où il existe une végétation aquatique où les larves et les nymphes puissent se fixer.

Mesures de lutte

Comblement

La terre nécessaire au comblement peut quelquefois provenir d'un étang profond utilisé pour l'élevage de poissons (p. 126). La plupart du temps toutefois, le comblement d'un étang permanent coûte trop cher et peut même être totalement exclu si l'étang sert de réserve d'eau.

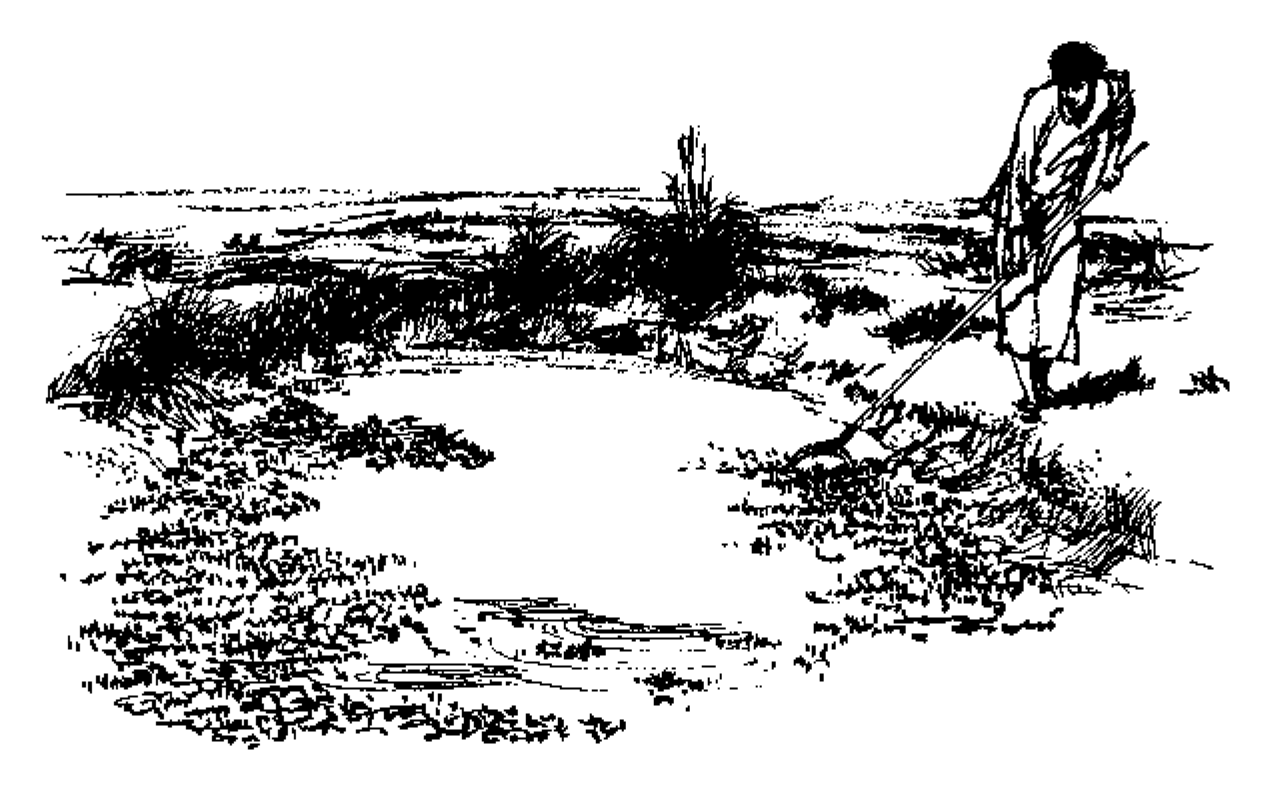


Fig. 1.132. On peut rendre les étangs inhospitaliers pour les larves de moustiques en éliminant la végétation aquatique.

Poissons larvivores

Les poissons larvivores sont utiles pour assurer la démoustication permanente des étangs (Fig. 1.132). Il faut aménager les berges pour leur donner une forte pente et éliminer la végétation aquatique qui les borde de manière que les poissons puissent atteindre les larves (p. 136). Pour compléter le désherbage, on peut introduire des carpes ou des gouramis qui se nourrissent de ces plantes. Par ailleurs, on peut essayer de ménager une partie plus profonde dans l'étang pour que les poissons puissent survivre si le niveau baisse pendant la saison sèche.

Elimination de la végétation aquatique

L'élimination de la végétation aquatique permet de rendre les étangs impropres pour un temps à la reproduction des moustiques du genre *Mansonia* (fig. 1.132; p. 134) (*177, 178*).

Désherbage et rectification des berges

Ces mesures permettent de réduire temporairement la prolifération de la plupart des espèces de moustiques en éliminant le couvert végétal protecteur ainsi que les zones de faible profondeur (Fig. 1.132; p. 134).

Huiles et produits chimiques larvicides

Pour obtenir un effet rapide mais de brève durée, on peut épandre ces produits à la surface de l'eau (p. 142). Les formulations à libération lente, comme les briquettes de méthoprène (p. 149) ou de *B.t.* H-14 (p. 150) par exemple, durent un mois ou davantage. Il faut veiller à ne pas utiliser un produit susceptible de tuer les prédateurs naturels des moustiques, qu'il s'agisse d'insectes ou de poissons. Les herbicides peuvent être utiles pour détruire les plantes auxquelles se fixent les larves de *Mansonia.*

Trous d'emprunt

Dans les zones rurales de nombreux pays, on utilise de la terre pour construire routes et maisons. Cette terre est prélevée dans des trous creusés en dehors des villages. L'eau de pluie ou d'infiltration qui s'amasse dans ces excavations peut constituer un gîte larvaire pour un certain nombre d'espèces de moustiques. Les excavations anciennes qui contiennent de la végétation sont généralement de meilleurs gîtes larvaires que celles qui viennent d'être creusées.

Mesures de lutte

Comblement

La terre nécessaire au comblement des trous d'emprunt peut parfois être tirée des étangs à poissons dont on est en train d'augmenter la superficie ou la profondeur (p. 126) (*177, 179-181*). On peut aussi remblayer avec des ordures ménagères ou des déchets industriels, par exemple de la sciure ou des cendres (*179*). Dans ce cas, il faut recouvrir les déchets d'une couche de terre pour éviter que les corps creux (boîtes de conserve, bouteilles etc.) ne se remplissent d'eau et empêcher les mouches et les rats de pénétrer.

Drainage

On peut drainer une série de trous d'emprunt au moyen de fossés de drainage débouchant dans une des excavations, de sorte qu'il n'y a plus alors qu'un seul trou inondé.

Epandage d'huile et de larvicides

Cette opération donne un résultat rapide mais de courte durée. Toutefois, les briquettes de méthoprène (p. 149) ou de *B.t.* H-14 (p. 150) durent de 1 à 4 mois et peuvent suffire pour la plus grande partie de la saison de reproduction. Une fois les trous asséchés, les briquettes cessent de libérer leur matière active, mais si la situation se détériore, on peut les réactiver en remplissant les trous avec de l'eau. Si cette eau est utilisée pour la consommation humaine ou pour abreuver les animaux, il ne faut utiliser que des larvicides adaptés au traitement de l'eau potable. Dans ce cas on envisagera le téméphos, le méthoprène ou le *B.t.* H-14.

Poissons larvivores

Il est vraisemblable que ces trous finiront par s'assécher un jour ou l'autre, aussi ne peut-on en principe, envisager d'utiliser des poissons larvivores. Toutefois les poissons appartenant à l'espèce *Cynolebias bellotii* (p. 140), dont les œufs peuvent survivre à la saison sèche et éclore en une seule saison humide, seraient envisageables sous certaines conditions (*181*).

Accumulations d'eau à proximité des routes

La construction de routes sur des digues ou des levées crée souvent un obstacle au passage des ruisseaux. Le drainage naturel du terrain ne se fait plus et de grandes mares se forment le long des routes (Fig. 1.133). Par ailleurs, les excavations creusées le long du chantier pour prélever la terre nécessaire à la construction de la levée ont tendance à se remplir d'eau. C'est ainsi que la construction de grandes routes à travers la forêt amazonienne a abouti à la création de nombreux gîtes larvaires favorables à la reproduction d'*Anopheles darlingi,* un vecteur du paludisme.

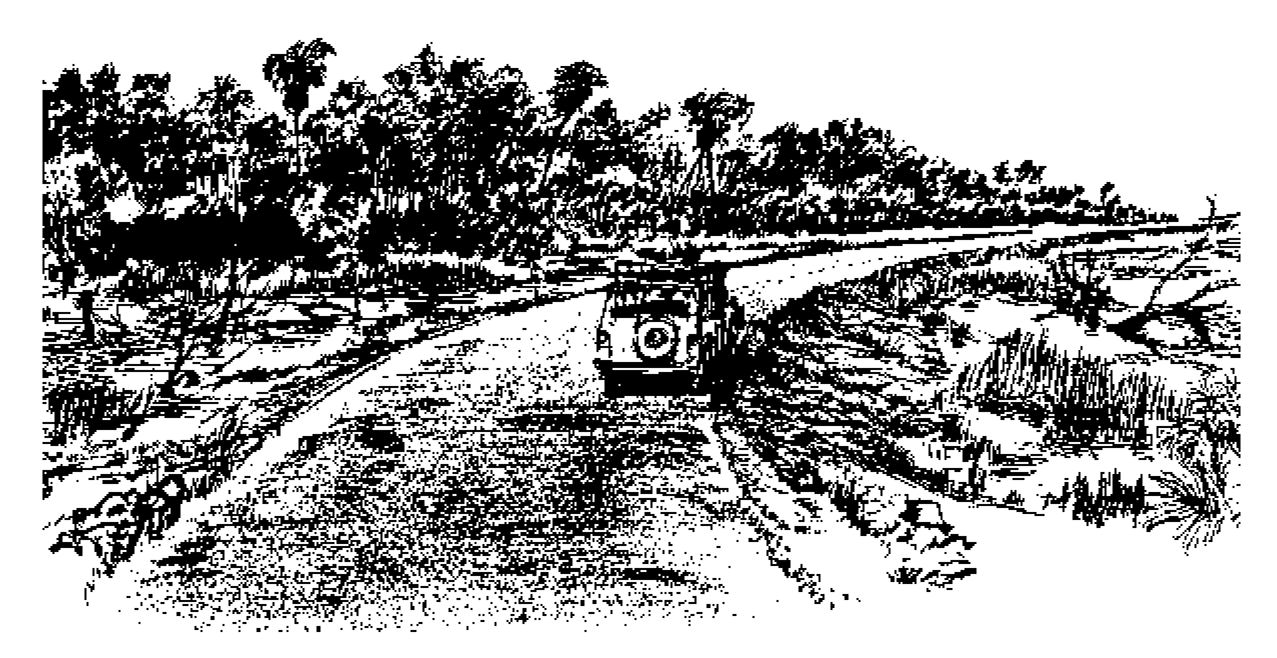


Fig. 1.133. La construction d'une route crée souvent un obstacle au passage des ruisseaux et peut provoquer la formation de mares d'eau stagnante le long de la chaussée.

Mesures de lutte

- Il faut creuser des caniveaux d'assainissement sous la route, au droit de la levée, afin de laisser les ruisseaux suivre leur cours naturel.

- Utilisation de poissons larvivores et épandage de larvicides.

Réseaux d'irrigation et champs irrigués

Diverses activités agricoles et notamment la culture du riz aquatique (riz paddy) impliquent le recours à l'irrigation et sont donc susceptibles de créer des gîtes larvaires qui conviennent aux anophèles vecteurs du paludisme ainsi qu'à certaines espèces de *Culex,* comme *C. tritaeniorhynchus,* vecteur de l'encéphalite japonaise en Asie.

Les moustiques trouvent souvent leurs gîtes larvaires à proximité ou à l'intérieur des réseaux d'irrigation, notamment s'ils sont mal construits ou que leur gestion et leur entretien laissent à désirer (Fig. 1.134). Ils peuvent en particulier se reproduire dans les canaux et les fossés d'irrigation, au milieu de la végétation des bords. Lorsque les canaux sont à sec, il peut subsister des trous qui retiennent assez d'eau pour que les moustiques puissent s'y reproduire. S'il y a des fuites, elles peuvent donner naissance, à distance des canaux, à des flaques qui seront autant de gîtes larvaires. Il est difficile d'empêcher la prolifération des moustiques dans les champs irrigués car ceux-ci y trouvent de vastes surfaces d'eaux stagnantes.

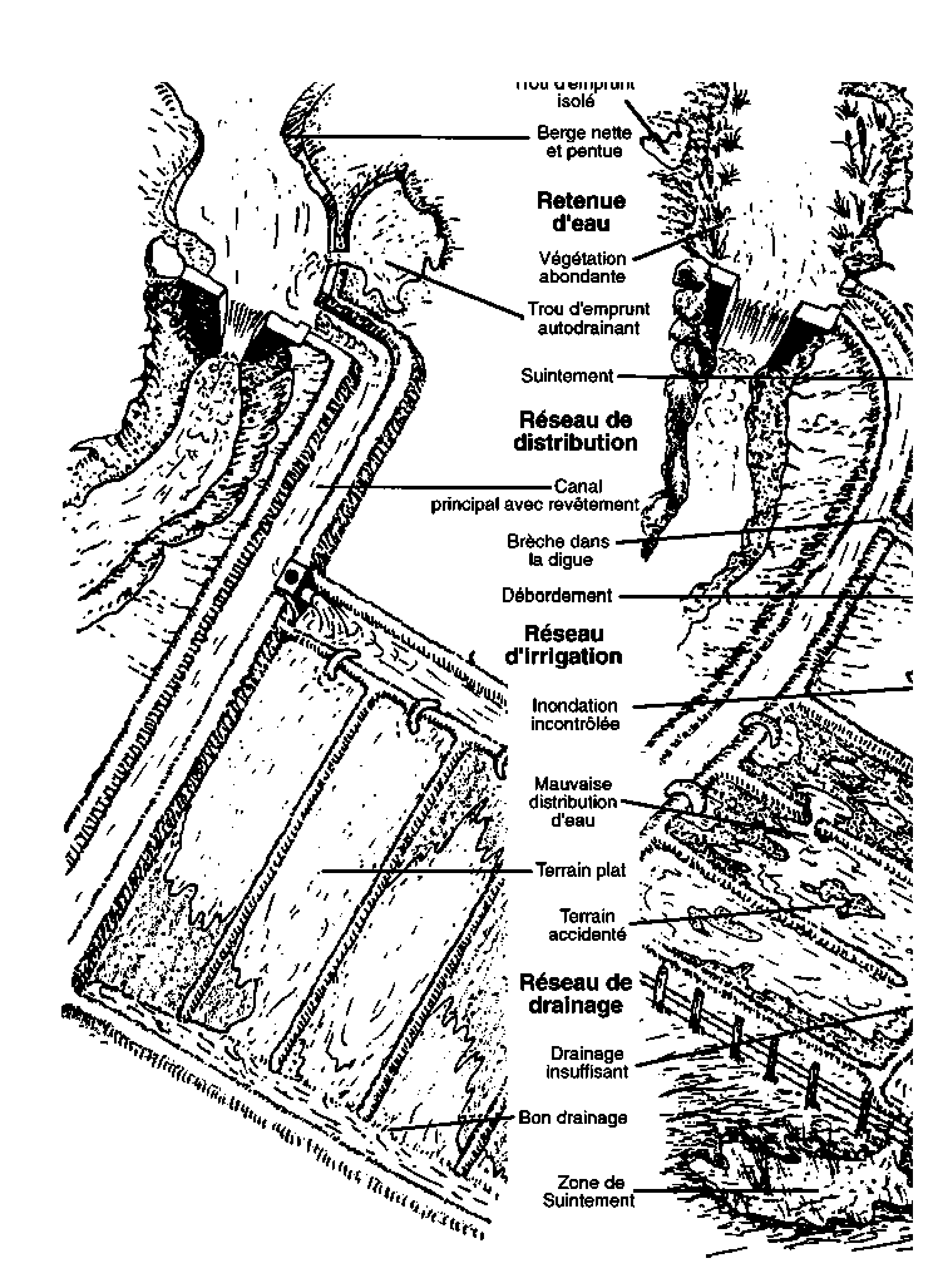

isolé
Berge nette et pentue
Retenue d'eau
Végétation abondante
Trou d'emprunt autodrainant
Suintement
Réseau de distribution
Canal principal avec revêtement
Brèche dans la digue
Débordement
Réseau d'irrigation
Inondation incontrôlée
Mauvaise distribution d'eau
Terrain plat
Terrain accidenté
Réseau de drainage
Drainage insuffisant
Bon drainage
Zone de Suintement

Fig. 1.134. Qualités et défauts des réseaux d'irrigation (adapté de la référence *182*).

Mesures de lutte

Construction et entretien

Le fond des canaux et des fossés doit être bien égalisé et présenter une légère pente pour qu'il ne subsiste pas d'eau stagnante en cas d'assèchement. Ils devront être convenablement entretenus de manière qu'il n'y ait pas de fuites au niveau des vannes, des digues et du revêtement des bords. Des berges en pente raide et débarrassées de leur végétation permettent de réduire la prolifération des moustiques dans les canaux et les fossés. De la sorte, le courant est plus rapide et les larves davantage exposées aux poissons larvivores et autres prédateurs.

Irrigation intermittente

A certains moments du cycle cultural, les plants de riz ne nécessitent plus une submersion permanente. On peut donc assécher la rizière une fois par semaine pendant 2 à 3 jours pour détruire les larves (*152, 178*). Encore faut-il que l'exploitant dispose d'eau en quantité suffisante pour irriguer de nouveau la rizière après le drainage. Les champs doivent être parfaitement plans et très bien drainés de manière à s'assécher complètement après interruption de l'arrivée d'eau. La périodicité optimale des alternances d'assèchement et de submersion doit être déterminée par un spécialiste, car elle dépend du mode d'irrigation, de la texture du sol, de la variété de riz cultivée et de divers autres facteurs. Le spécialiste devra aussi envisager la possibilité d'autres retombées négatives, comme par exemple la prolifération de moustiques attirés par l'inondation.

La mise en œuvre de l'irrigation intermittente pose un problème, à savoir la nécessité de submerger les champs pendant 2 à 3 semaines après le repiquage du riz pour que les plants puissent repartir. Pendant cette période, on peut combattre les moustiques par l'une ou l'autre des méthodes précitées. Si l'on a recours aux poissons larvivores, il faut ménager, dans les rizières ou les fossés, des zones d'eau assez profondes pour que les poissons puissent survivre au cours des périodes d'assèchement. L'irrigation intermittente doit se pratiquer simultanément à grande échelle dans toutes les rizières, tout au long de la saison de culture (*152*). Dans certains pays, l'assèchement périodique des rizières est prescrit par la loi (*154*).

Fougères flottantes

Les fougères aquatiques flottantes (*Azolla*) peuvent former une couche végétale épaisse capable de recouvrir de vastes étendues d'eau. On les cultive en Chine et en Inde pour les utiliser comme engrais ou nourrir les animaux. Dans une rizière, l'obtention d'une bonne couverture empêche en outre la prolifération des moustiques (*183-185*). Il importe d'obtenir une bonne couverture avant le pic habituel de prolifération. Il est cependant fréquent qu'on n'y parvienne pas, en raison des fluctuations du niveau des eaux.

Poissons larvivores

Il est possible d'élever des poissons dans les rizières, à la fois comme source de nourriture et pour combattre les moustiques, à condition de renforcer et de surélever les digues, ce qui permet d'obtenir la profondeur désirée. Les arrivées et les sorties doivent être grillagées pour éviter que les poissons ne s'échappent. Il faut ménager une sorte d'étang ou de tranchée plus profonde près du débouché de la rizière, où les poissons puissent trouver refuge lorsque la rizière est asséchée ou qu'ils ne fouillent pas les plants de riz en eau peu profonde, à la recherche de nourriture. Les oiseaux prédateurs, comme les hérons, peuvent poser problème. En outre, si l'on épand dans les rizières des insecticides organochlorés, comme le DDT, la dieldrine ou le lindane, ces composés risquent de s'accumuler dans l'organisme des poissons et de les rendre impropres à la consommation. Certains insecticides, notamment les pyréthrinoïdes, sont très toxiques pour les poissons.

La présence de poissons dans les rizières peut avoir un effet positif sur la production, car certaines espèces dévorent les plantes concurrentes des plants de riz et leurs excréments fertilisent le sol. En outre, en fouissant le fond de la rizière, les poissons permettent une meilleure oxygénation des racines (*148, 152, 186, 188*). Parmi les espèces intéressantes, on peut citer:

- le tilapia (*Oreochromis mossambicus*), dont les stades juvéniles, doués d'une croissance rapide, se nourrissent de larves de moustiques;

- la carpe (*Ctenopharyngodon idella, Cyprinus carpio*); elle se nourrit de plantes aquatiques et lorsqu'elle est jeune, de larves de moustiques;

- le guppy (*Poecilia reticulata*);

- la gambusie (*Gambusia affinis*);

- le panchax (*Aplocheilus panchax*); poisson qui est fréquemment présent dans les rizières et les fossés d'irrigation en Asie du sud-est.

Larvicides

Leur utilisation est coûteuse et, en raison des vastes superficies à traiter, elle nécessite un équipement spécial qu'il faut confier à des personnels dûment formés. L'épandage doit se faire soit par voie aérienne, au moyen d'aéronefs à voilure fixe ou d'hélicoptères, soit au sol, au moyen de pulvérisateurs à dos actionnés manuellement (p. 141). Dans certaines régions, la résistance des moustiques aux insecticides pose un problème. Les larvicides ont également l'inconvénient d'être potentiellement nocifs pour d'autres organismes, comme les poissons larvivores et certains insectes prédateurs (larves de libellules). L'utilisation de *Bacillus thurigiensis* H-14 (p. 150) ou de régulateurs de la croissance des insectes (p. 148) permettrait d'obvier au problème posé par la résistance et les effets secondaires indésirables. Ces produits doivent être épandus sous une forme spéciale qui évite que les particules ne tombent sur le fond. En effet, les larves d'anophèles, qui se nourrissent en surface ne peuvent être tuées que si les particules se maintiennent à ce niveau. L'adjonction d'un agent de surface permet une meilleure dispersion. Les granulés qui flottent à la surface y libèrent leur matière active sur une période de plusieurs semaines, mais leur efficacité peut être réduite si le vent souffle et les entraîne d'un côté de la rizière. Les huiles larvicides permettent également d'éviter le problème de la résistance aux insecticides et elles ne

sont pas, en général, dangereuses pour les poissons même s'il arrive qu'elles soient nocives pour certains insectes prédateurs.

Bibliographie

1. Knudsen AB. *The biology and control of tabanids on the southeastern shore of the Great Salt Lake, Utah, with special reference to the deer fly, Chrysops discalis Williston* [Dissertation]. Salt Lake City, UT, University of Utah, 1970.

2. Service MW. *Lecture notes on medical entomology*. London, Blackwell Scientific, 1986.

3. *Lymphatic filariasis infection and disease: control strategies. Report of a Consultative Meeting held at the Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia* (*August 1994*). Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1994 (document non publié TDR/CTD/FIL/PENANG/94.1; disponible auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

4. *Voyages internationaux et santé. Vaccinations exigées et conseils d'hygiène*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1997.

5. Pant CP. *Control of vectors of Japanese encephalitis*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1979 (document non publié WHO/VBC/79.733; disponible auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

6. Le Berre R et al. The WHO Onchocerciasis Control Programme: retrospects and prospects. *Philosophical transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological sciences*, 1990, 328: 721-729.

7. Prod'hon J et al. Lutte contre l'onchocercose par l'ivermectine: résultats d'une campagne de masse au Nord-Cameroun. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 1991, 69: 443-450.

8. Kurtak D et al. Evaluation of larvicides for the control of *Simulium damnosum s.l.* (*Diptera: Simuliidae*) in West Africa. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1987, 2: 201-210.

9. Samba EM. *Le Programme de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest. Un exemple de bonne gestion de la santé publique*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1994 (La Santé publique en action No. 1).

10. Dedet JP. Cutaneous leishmaniasis in French Guiana: a review. *American journal of tropical medicine and hygiene*, 1990, 43: 25-28.

11. Esterre P et al. Evaluation d'un programme de lutte contre la leishmaniose cutanée dans un village forestier de Guyane française. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 1986, 64: 559-565.

12. *Lutte contre les leishmanioses: Rapport d'un Comité OMS d'experts*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1990 (OMS, Série de Rapports techniques, No. 793).

13. Sergiev VP. Control measures against cutaneous leishmaniasis. *Colloques internationaux du CNRS*, 1977, No. 239: 322-323.

14. Wada Y. Control of Japanese encephalitis vectors. *Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, 1989, 20: 623-626.

15. Dremova VP, Markina VV, Kamennov NA. How evaporation and absorption rates affect the formulation of various insect repellents. *International pest control*, 1971, 13: 13-16.

16. Mehr ZA et al. Laboratory evaluation of controlled-released insect repellent formulations. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1985, 1: 143-147.

17. Gupta RK, Rutledge LC. Laboratory evaluation of controlled-release repellent formulations on human volunteers under three different climatic regimens. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1989, 5: 52-55.

18. Curtis CF et al. The relative efficacy of repellents against mosquito vectors of disease. *Medical and veterinary entomology*, 1987, 1: 109-119.

19. Rutledge LC et al. Comparative sensitivity of representative mosquitoes (*Diptera: Culicidae*) to repellents. *Journal of medical entomology*, 1983, 5: 506-510.

20. Smith CN. Repellents for anopheline mosquitoes. *Miscellaneous publications of the Entomological Society of America*, 1970, 1: 99-117.

21. Dedet JP. Cutaneous leishmaniasis in French Guiana: a review. *American journal of tropical medicine and hygiene*, 1990, 43: 25-28.

22. Curtis CF et al. Natural and synthetic repellents. In: Curtis CF, ed. *Control of disease vectors in the community*. London, Wolfe, 1991: 75-92.

23. Snow RW et al. Does wood smoke protect against malaria? *Annals of tropical medicine and parasitology*, 1987, 81: 449-451.

24. Wirtz RA et al. Laboratory testing of repellents against the tsetse *Glossina morsitans* (*Diptera: Glossinidae*). *Journal of medical entomology*, 1985, 22: 271-275.

25. Schreck CE et al. Repellency of selected compounds against blackflies. *Journal of medical entomology*, 1979, 15: 525-528.

26. Schreck CF et al. Evaluation of personal protection methods against phlebotomine sandflies including vectors of leishmaniasis in Panama. *American journal of tropical medicine and hygiene*, 1982, 31: 1046-1053.

27. Fossati FP, Maroli M. Laboratory tests of three repellents against *Phlebotomus perniciosis* (*Diptera: Psychodidae*). *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1986, 80: 771-773.

28. Sharma KN. A field trial of deet as a leech repellent. *Armed forces medical journal of India*, 1969, 25: 260-263.

29. Kumar S et al. Field evaluation of three repellents against mosquitoes, blackflies and land leeches. *Indian journal of medical research*, 1984, 80: 541-545.

30. Heick HM et al. Reye-like syndrome associated with the use of insect repellent in a presumed heterozygote for ornithine carbamoyl transferase deficiency. *Journal of pediatrics*, 1980, 97: 471.

31. Miller JD. Anaphylaxis associated with insect repellent. *New England journal of medicine*, 1982, 307: 1341.

32. Robbins PJ, Cherniak MC. Review of the biodistribution and toxicity of the insect repellent deet. *Journal of toxicology and environmental health*, 1986, 18: 503-525.

33. *Sécurité d'emploi des pesticides. Quatorzième rapport du Comité OMS d'experts de la Biologie des Vecteurs et de la Lutte antivectorielle*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1991 (OMS, Série de Rapports techniques, No. 813).

34. Rao SS, Rao KM. Insect repellent N,N-diethylphenylacetamide: an update. *Journal of medical entomology*, 1991, 28: 303-306.

35. Lindsay SW, Janneh LM. Preliminary field trials of personal protection in the Gambia using deet or permethrin in soap, compared with other methods. *Medical and veterinary entomology*, 1989, 3: 97-100.

36. Yap HH. Effectiveness of soap and permethrin as personal protection against outdoor mosquitoes in Malaysia. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1986, 2: 63-67.

37. Frances SP. Effectiveness of deet and permethrin alone and in soap formulation as skin and clothing protectants against mosquitoes in Australia. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1987, 3: 648-650.

38. Chiang GL et al. Effectiveness of repellent/insecticidal bars against malaria and filariasis vectors in peninsular Malaysia. *Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, 1990, 21: 412-417.

39. Gupta RK et al. Effectiveness of controlled-release personal-use arthropod repellents and permethrin-impregnated clothing in the field. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1987, 3: 556-560.

40. Dedet JP, Esterre P, Pradinaud R. Individual clothing prophylaxis of cutaneous leishmaniasis in the Amazonian area. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1987, 81: 748.

41. Renz A, Enyong P, Weyler D. The efficacy of appropriate clothing and of deet-Simulium repellent as an individual protection against the transmission of onchocerciasis. *Tropical medicine and parasitology*, 1987, 38: 267.

42. Magnon GJ et al. Repellency of two deet formulations and Avon Skin-So-Soft against biting midges (*Diptera: Ceratopogonidae*) in Honduras. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1991, 7: 80-82.

43. Schreck CE, Kline D, Smith N. Protection afforded by the insect repellent jacket against four species of biting midge (*Diptera: Culicoides*). *Mosquito news*, 1979, 39: 739-742.

44. Schreck CE, Kline DL. Area protection by use of repellent-treated netting against *Culicoides* biting midges. *Mosquito news*, 1983, 43: 338-342.

45. Beales PF, Kouznetsov RL. Measures against mosquito bites. In: Steffen R et al., eds. *Travel medicine*. Berlin, Springer-Verlag, 1988: 113-122.

46. Schreck CE, Haile DG, Kline DL. The effectiveness of permethrin and deet, alone or in combination, for protection against *Aedes taeniorhynchus*. *American journal of tropical medicine and hygiene*, 1984, 33: 725-730.

47. Breeden GC, Schreck CE, Sorensen AL. Permethrin as a clothing treatment for personal protection against chigger mites (*Acarina: Trombiculidae*). *American journal of tropical medicine and hygiene*, 1982, 31: 589-592.

48. Schreck CE, Mount GA, Carlson DA. Pressurized sprays of permethrin on clothing for personal protection against the lone star tick (*Acari: Ixodidae*). *Journal of economic entomology*, 1982, 75: 1059-1061.

49. Schreck CE, Snoddy EL, Mount GA. Permethrin and repellents as clothing impregnants for protection from the lone star tick. *Journal of economic entomology*, 1980, 73: 436-439.

50. Schreck CE, Posey K, Smith D. Durability of permethrin as a potential clothing treatment to protect against blood-feeding arthropods. *Journal of economic entomology*, 1978, 71: 397-400.

51. Sholdt LL et al. Effectiveness of permethrin-treated military uniform fabric against human body lice. *Military medicine*, 1989, 154: 90-93.

52. Schreck CE, Mount GA, Carlson DA. Wash and wear persistance of permethrin used as a clothing treatment for personal protection against the lone star tick (*Acari: Ixodidae*). *Journal of medical entomology*, 1982, 2: 143-146.

53. Sholdt LL et al. Field studies using repellent-treated wide-mesh net jackets against *Glossina morsitans in* Ethiopia. *East African medical journal*, 1975, 52: 277-283.

54. Harlan HJ, Schreck CE, Kline DL. Insect repellent jacket tests against biting midges in Panama. *American journal of tropical medicine and hygiene*, 1983, 32: 185-188.

55. Grothaus RH et al. Insect repellent jacket: status, value and potential. *Mosquito news*, 1976, 36: 11-18.

56. Schreck CE et al. Chemical treatment of wide-mesh clothing for personal protection against blood-feeding arthropods. *Mosquito news*, 1977, 37: 455-462.

57. Blagoveschensky D, Bregetova N, Monchadsky A. An investigation on new repellents for the protection of man against mosquito attacks. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1945, 39: 147.

58. Grothaus RH, Adams JF. An innovation in mosquito-borne disease protection. *Military medicine*, 1972, 137: 5.

59. Rao KM et al. N,N-diethylphenylacetamide in treated fabrics as a repellent against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (*Diptera: Culicidae*). Journal of medical entomology, 1991, 28: 142-146.

60. Lacey LA, Schreck CE, McGovern TP. Native and experimental repellents against blackflies (*Diptera: Simuliidae*) in the Amazon basin of Brazil. *Mosquito news*, 1981, 2: 376-379.

61. Chadwick PR. The activity of some pyrethroids, DDT and lindane in smoke from coils for biting inhibition, knockdown and kill of mosquitoes (*Diptera: Culicidae*). *Bulletin of entomological research*, 1975, 65: 97-107.

62. Curtis CF, Hill N. Comparison of methods of repelling mosquitoes. *Entomologia experimentalis et applicata*, 1988, 49: 175-179.

63. Charlwood JD, Jolley D. The coil works (against mosquitoes) in Papua New Guinea. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1984, 78: 678.

64. Hudson JE, Esozed S. The effects of smoke from mosquito coils on *Anopheles gambiae* Giles and *Mansonia uniformis* Theo, in verandah-trap huts at Magugu, Tanzania. *Bulletin of entomological research*, 1971, 61: 247-265.

65. Smith A, Hudson JE, Esozed S. Trials with pyrethrum mosquito coils against *Anophe-les gambiae* Giles, *Mansonia uniformis* Theo and *Culex fatigans* Wied entering verandah-trap huts. *Pyrethrum post*, 1972, 11: 11-115.

66. Yap HH, Chung KK. Laboratory bioassays of mosquito coil formulations against mosquitoes of public health importance in Malaysia. *Tropical biomedicine*, 1987, 4: 13-18.

67. MacIver DR. Mosquito coils. Part I: General description of coils, their formulation and manufacture. *Pyrethrum post*, 1963, 2: 22-27.

68. Sharma VP et al. Insecticide-impregnated ropes as mosquito repellent. *Indian journal of malariology*, 1989, 4: 179-185.

69. Chadwick PR, Lord CJ. Tests of pyrethroid vaporising mats against *Aedes aegypti* (L.) (*Diptera: Culicidae*). *Bulletin of entomological research*, 1977, 67: 667-674.

70. Curtis CF. Fact and fiction in mosquito attraction and repulsion. *Parasitology today*, 1986, 11: 316-318.

71. Foster WA, Lutes KI. Tests of ultrasonic emissions on mosquito attraction to hosts in a flight chamber. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1985, 1: 199-202.

72. Jamjoom GA, Omar MS. Portable mosquito net support devices for indoor and outdoor use. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1990, 6: 544-546.

73. Snow RW et al. A trial of bednets (mosquito nets) as a malaria control strategy in a rural area of the Gambia, West Africa. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1988, 82: 212-215.

74. Rozendaal JA. Impregnated mosquito nets and curtains for self-protection and vector control. Tropical diseases bulletin, 1989, 7: R1-R41.

75. Burkot TM et al. Effects of untreated bednets on the transmission of *Plasmodium falciparum*, *P. vivax* and *Wuchereria bancrofti* in Papua New Guinea. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1990, 84: 773-779.

76. Rozendaal JA, Curtis CF. Recent research on impregnated mosquito nets. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1989, 5: 500-507.

77. Curtis CF et al. Impregnated bed nets and curtains against malaria mosquitoes. In: Curtis CF, ed. *Control of disease vectors in the community*. London, Wolfe, 1991: 5-46.

78. *The use of impregnated bednets and other materials for vector-borne disease control*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1989 (document non publié WHO/VBC/89.981; disponible auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

79. Lines JD, Myamba J, Curtis CF. Experimental hut trials of permethrin-impregnated mosquito nets and eave curtains against malaria vectors in Tanzania. *Medical and veterinary entomology*, 1987, 1: 37-51.

80. Darriet F et al. *Evaluation de l'efficacité sur les vecteurs du paludisme de la perméthrine en imprégnation sur des moustiquaires intactes et trouées* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1984 (document non publié WHO/VBC/84.899; disponible auprès de La Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

81. Hossain MI, Curtis CF. Permethrin-impregnated bednets: behavioural and killing effects on mosquitoes. *Medical and veterinary entomology*, 1989, 3: 367-376.

82. Rozendaal JA et al. Efficacy of local mosquito nets treated with permethrin in Suriname. *Medical and veterinary entomology*, 1989, 3: 353-365.

83. Snow RW, Jawara M, Curtis CF. Observations on *Anopheles gambiae* Giles s.l. during a trial of permethrin-treated bednets in the Gambia. *Bulletin of entomological research*, 1987, 77: 279-286.

84. Lindsay SW et al. Impact of permethrin-impregnated bednets on malaria transmission by the *Anopheles gambiae* complex in the Gambia. *Medical and veterinary entomology*, 1989, 3: 263-271.

85. Graves PM et al. Baisse de l'incidence et de la prévalence de Plasmodium falciparum chez les enfants de moins de 5 ans grâce à l'utilisation de moustiquaires imprégnées de perméthrine. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 1987, 65: 869-877.

86. Charlwood JD, Graves PM. The effect of permethrin-impregnated bednets on a population of *Anopheles farauti* in coastal Papua New Guinea. *Medical and veterinary entomology*, 1987, 1: 319-327.

87. Carnevale P et al. La lutte contre le paludisme par des moustiquaires imprégnées de pyréhrinoïdes au Burkina Faso. *Bulletin de la Société de Pathologie exotique et de ses filiales*, 1988, 81: 332-342.

88. Li ZZ et al. Trial of deltamethrin-impregnated bed nets for the control of malaria transmitted by *Anopheles sinensis and Anopheles anthropophagus. American journal of tropical medicine and hygiene*, 1989, 40: 356-359.

89. Snow RW, Rowan KM, Greenwood BM. A trial of permethrin-treated bednets in the prevention of malaria in Gambian children. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1987, 81: 563-567.

90. Lindsay SW et al. Permethrin-impregnated bednets reduce nuisance arthropods in Gambian houses. *Medical and veterinary entomology*, 1989, 3: 377-383.

91. Charlwood JD, Dagoro H. Collateral effects of bednets impregnated with permethrin against bedbugs (*Cimicidae*) in Papua New Guinea. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1989, 83: 261.

92. Snow RW et al. Permethrin-treated bednets (mosquito nets) prevent malaria in Gambian children. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1988, 82: 838-842.

93. Njunwa KJ et al. Trial of pyrethroid-impregnated bednets in an area of Tanzania holoendemic for malaria. Part 1. Operational methods and acceptability. *Acta tropica*, 1991, 49: 87-96.

94. Magesa SM et al. Trial of pyrethroid-impregnated bednets in an area of Tanzania holoendemic for malaria. Part 2. Effects on the malaria vector population. *Acta tropica*, 1991, 49: 97-108.

95. Lyimo EO et al. Trial of pyrethroid-impregnated bednets in an area of Tanzania holoendemic for malaria. Part 3. Effects on the prevalence of malaria parasitaemia and fever. *Acta tropica*, 1991, 49: 157-163.

96. Msuya FH, Curtis CF. Trial of pyrethroid-impregnated bednets in an area of Tanzania holoendemic for malaria. Part 4. Effects on incidence of malaria infection. *Acta tropica*, 1991, 49: 165-171.

97. Grothaus RH et al. Field tests with repellent-treated wide-mesh netting against mixed mosquito populations. *Journal of medical entomology*, 1972, 2: 149-152.

98. Grothaus RH et al. Wide-mesh netting, an improved method of protection against blood-feeding Diptera. *American journal of tropical medicine and hygiene*, 1974, 23: 533-537.

99. Hossain MI, Curtis CF. Laboratory evaluation of deet and permethrin-impregnated wide-mesh netting against mosquitos. *Entomologia experimentalis et applicata*, 1989, 52: 93-102.

100. Itoh T, Shinjo G, Kurihara T. Studies of wide-mesh netting impregnated with insecticides against Culex mosquitos. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1986, 2: 503-506.

101. Kurihara T, Fujita K, Suzuki T. Insecticide treatment of wide-mesh net curtain for vector control and the effect upon behavioural response of adult mosquitoes. *Japanese journal of sanitary zoology*, 1985, 36: 25-31.

102. Kurihara T, Kaminura K, Arakawa R. Phenotrin impregnation of wide-mesh net for protection from biting mosquitoes. *Japanese journal of sanitary zoology*, 1986, 37: 261-262.

103. Schreck CE, Kline DL. Area protection by use of repellent-treated netting against *Culicoides* biting midges. *Mosquito news*, 1983, 43: 338-342.

104. Pyrethroid insecticides in public health. *Parasitology today*, 1988, 7: S1-S2.

105. Jana B. *Laboratory and field evaluation of pyrethroid-impregnated netting in India* [PhD Thesis]. London, University of London, 1991.

106. Vector Control Research Centre. *Annual report 1990*. Pondicherry, India, 1990.

107. Hossain MI, Curtis CF, Heekin JP. Assays and bioassays of permethrin-impregnated fabrics. *Bulletin of entomological research*, 1989, 79: 299-308.

108. Miller JE. *Laboratory and field studies of insecticide-impregnated fibres for mosquito control* [PhD Thesis]. London, London School of Hygiene and Tropical Medicine, 1990.

109. Charlwood JD, Paru R, Dagoro H. Raised platforms reduce mosquito bites. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1984, 78: 141-142.

110. Chatterjee KK et al. Vertical distribution of *Anopheles stephensi* larvae in Calcutta. *Indian journal of malariology*, 1988, 25: 107-108.

111. Snow WF. Studies of house-entering habits of mosquitoes in the Gambia, West Africa: experiments with prefabricated huts with varied wall apertures. *Medical and veterinary entomology*, 1987, 1: 9-21.

112. Lindsay SW, Snow RW. The trouble with eaves; house entry by vectors of malaria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1988, 82: 645-646.

113. Schofield CJ, White GB. Engineering against insect-borne diseases in the domestic environment. House design and domestic vectors of disease. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1984, 78: 285-292.

114. Schofield CJ et al. The role of house design in limiting vector-borne disease. In: Curtis CF, ed. *Control of disease vectors in the community*. London, Wolfe, 1991: 187-212.

115. Lines JD, Myamba J, Curtis CF. Experimental hut trials of permethrin-impregnated nets and eave curtains against malaria vectors in Tanzania. *Medical and veterinary entomology*, 1987, 1: 37-51.

116. Majori G et al. Efficacy of permethrin-impregnated curtains against endophilic sandflies in Burkina Faso. *Medical and veterinary entomology*, 1989, 3: 441-444.

117. Majori G, Sabatinelli G, Coluzzi M. Efficacy of permethrin-impregnated curtains for malaria control. *Medical and veterinary entomology*, 1987, 1: 185-192.

118. Procacci PG et al. Permethrin-impregnated curtains in malaria control. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1991, 85: 181-185.

119. Sexton JD et al. Permethrin-impregnated curtains and bednets prevent malaria in western Kenya. *American journal of tropical medicine and hygiene*, 1990, 1: 11-18.

120. Motabar M. Malaria and nomadic tribes of southern Iran. *Cahiers d'ORSTOM, Série entomologie*, médecine et parasitologie, 1974, 12: 175-178.

121. Xavier PA, Lima JE. O uso de cortinas impregnadas com deltametrina no controle da malaria em garimpos no territorio federal do Amapá. [L'utilisation des rideaux imprégnés de deltamétrine dans les régions orifères du Territoire fédéral d'Amapá.] *Revista brasileira de malariologia e doenças tropicais*, 1986, 38: 137-139.

122. Charlwood JD, Dagoro H, Paru R. Blood-feeding and resting behaviour in the *Anopheles punctulatus* Donitz complex (*Diptera: Culicidae*) from coastal Papua New Guinea. *Bulletin of entomological research*, 1985, 75: 463-475.

123. Kay BH. *Case studies of arthropod-borne disease in relation to livestock*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1990 (document non publié PEEM/WP/10/90.4; disponible auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

124. Senior-White R. Studies on the bionomics of *Anopheles aquasalis* Curry 1932. III. *Indian journal of malariology*, 1952, 6: 29-72.

125. Giglioli G. Ecological change as a factor in renewed malaria transmission in an eradicated area. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 1963, 29: 131-145.

126. Cragg FW. The zoophilism of *Anopheles* in relation to the epidemiology of malaria in India. *Indian journal of medical research*, 1923, 4: 962-964.

127. Chow CY, Thevasagayam ES. Bionomics and control of *Culex pipiens fatigans* Wied, in Ceylon. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 1957, 16: 609-632.

128. *Operational manual on the use of insecticides for mosquito control*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1989 (document non publié WHO/VBC/89.976; disponible auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

129. Mount GA. *Ultra-low-volume application of insecticides for vector control*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1985 (document non publié WHO/VBC/85.919; disponible auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

130. *Manuel de l'aménagement de l'environnement en vue de la démoustication, eu égard plus spécialement aux vecteurs du paludisme*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1985 (OMS Publication offset, No. 66).

131. Tabaoda O. Medical entomology. Bethesda, MD, *United States Naval Medical School*, 1967.

132. *Insect and rodent control*. Washington, DC, Departments of the Air Force, the Army and the Navy, 1956.

133. Pratt HD, Littig KS, Barnes RC. *Mosquitoes of public health importance and their control*. Atlanta, National Communicable Disease Center, 1969.

134. Dua VK, Sharma SK, Sharma VP. Use of expanded polystyrene beads for the control of mosquitoes in an industrial complex at Hardwar, India. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1989, 5: 614-615.

135. Curtis CF et al. Insect-proofing of sanitation systems. In: Curtis CF, ed. *Control of disease vectors in the community*. London, Wolfe, 1991: 173-186.

136. Chandrahas RK, Sharma VP. Small-scale field trials with polystyrene beads for the control of mosquito breeding. *Indian journal of malariology*, 1977, 24: 175-180.

137. Reiter P. A field trial of expanded polystyrene balls for the control of Culex mosquitoes in pit latrines. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1985, 1: 519-524.

138. Reiter P. Expanded polystyrene balls: an idea for mosquito control. *Annals of tropical medicine and parasitology*, 1978, 72: 595-596.

139. Sharma RC, Yadav RS, Sharma VP. Field trials of the application of expanded polystyrene (EPS) beads in mosquito control. *Indian journal of malariology*, 1985, 22: 107-109.

140. Maxwell CA et al. Control of bancroftian filariasis by integrating therapy with vector control using polystyrene beads in wet pit-latrines. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1990, 84: 709-714.

141. Mulla MS, Isaak LW. Field studies on the toxicity of insecticides to the mosquito fish, Gambusia affinis. *Journal of economic entomology*, 1961, 54: 1237-1242.

142. Castleberry DT, Cech JJ, Jr. Mosquito control in wastewater: a controlled and quantitative comparison of pupfish (*Cyprinodon nevadensis amargosae*), mosquito fish (*Gambusia affinis*) and guppies (*Poecilia reticulata*) in sago pondweed marshes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1990, 6: 223-228.

143. *Data sheet on Nothobranchius spp.* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1981 (document non publié WHO/VBC/81.829; disponible auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

144. Panicker KN et al. Larvivorous potential of some cypriniformes fishes. *Indian journal of medical research*, 1985, 82: 517-520.

145. Jayasree M et al. Giant gourami (*Osphronemus goramy: Anabantoidei*) as a potential agent for control of weeds, the breeding source for the vectors of *Brugia malayi*. *Indian journal of medical research*, 1989, 89: 110-113.

146. *Data sheet on biological control agents: tilapiine fish*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1987 (document non publié WHO/VBC/87.945; disponible auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

147. Gupta DK, Sharma RC, Sharma VP. Bioenvironmental control of malaria linked with edible fish production in Gujarat. *Indian journal of malariology*, 1989, 26: 55-59.

148. Reuben R et al. Biological control methods suitable for community use. In: Curtis CF, ed. *Control of disease vectors in the community*. London, Wolfe, 1991: 139-158.

149. Wickramasinghe MB, Costa HH. Mosquito control with larvivorous fish. *Parasitology today*, 1986, 2: 228-230.

150. Menon AGK. *Indigenous larvivorous fishes of India*. Delhi, Malaria Research Centre, 1991.

151. *Manuel pratique de lutte antilarvaire dans les programmes antipaludiques*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1974 (OMS Publication Offset, No. 1).

152. Lacey LA, Lacey CM. The medical

importance of riceland mosquitoes and their control using alternatives to chemical insecticides. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1990, 6 (Suppl. 2): 1-93.

153. Coykendall RL, ed. *Fishes in California mosquito control*. Sacramento, CA, California Mosquito Vector Control Association Press, 1980.

154. Takken W et al. *Environmental measures for malaria control in Indonesia: a historical review on species sanitation*. Wageningen, Wageningen Agricultural University, 1991 (Paper 90-7).

155. Thevasagayam ES, Siong Y, Philip G. *Temephos* (*Abate*) *as a replacement larvicide for oil for the control of Anopheles maculatus, the main vector of malaria in peninsular Malaysia*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1979 (document non publié WHO/VBC/79.723; disponible auprès de La Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

156. Burton GJ. Observations on the habits and control of *Culex pipiens fatigans* in Guyana. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 1967, 37: 317-322.

157. *Operational manual on the application of insecticides for control of the mosquito vector of malaria and other diseases*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1996 (document non publié WHO/CTD/VBC/96.1000; disponible auprès de la Division de la lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

158. Bang YH, Pant CP. A field trial of Abate for the control of *Aedes aegypti* in Bangkok, Thailand. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 1972, 46: 416-425.

159. Laird M et al. Integrated control operations against *Aedes aegypti* in Tuvalu, Polynesia. In: Laird M, Miles JW, eds. *Integrated mosquito control methodologies*, Volume 2. London, Academic Press, 1985: 395-428.

160. *Sécurité d'emploi des pesticides. Neuvième rapport Comité OMS d'experts de la biologie des vecteurs et de la lutte antivectorielle*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1985 (OMS, Série de Rapports techniques, No. 720).

161. Toma T et al. Effects of methoprene, a juvenile hormone analogue, on mosquito larvae from the Ryukyu Archipelago, Japan. *Japanese journal of sanitary zoology*, 1990, 41: 99-103.

162. Logan TM et al. Pretreatment of floodwater *Aedes* habitats (Dambos) in Kenya with a sustained-release formulation of methoprene. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1990, 6: 736-738.

163. Linthicum KJ et al. Efficacy of a sustained-release methoprene formulation on potential vectors of Rift Valley virus in field studies in Kenya. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1989, 5: 603-605.

164. De Barjac H, Sutherland DJ, eds. *Bacterial control of mosquitoes and blackflies: biochemistry, genetics and applications of Bacillus thuringiensis israelensis* and *Bacillus sphaericus*. New Brunswick, NJ, Rutgers University Press, 1990.

165. Lacey LA, Urbina MJ, Heizman CM. Sustained-release formulations of *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* (H-14) for control of container-breeding *Culex quinquefasciatus. Mosquito news*, 1984, 44: 26-32.

166. Berry WJ et al. Efficacy of *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* for control of *Culex pipiens* and floodwater *Aedes larvae* in Iowa. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1987, 3: 579-582.

167. Chang MS, Ho BC, Chan KL. Simulated field studies with three formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* and *Bacillus sphaericus* against larvae of *Mansonia bonneae* (*Diptera: Culicidae*) in Sarawak, Malaysia. *Bulletin of entomological research*, 1990, 80: 195-202.

168. Mulla MS et al. Larvicidal activity and field efficacy of *Bacillus sphaericus* strains against mosquito larvae and their safety to non-target organisms. *Mosquito news*, 1984, 44: 336-342.

169. Cairncross S, Feachem RG. *Environmental health engineering in the tropics*. New York, NY, John Wiley & Sons, 1983.

170. Franceys R, Pickford J, Reed R. *Guide de l'assainissement individuel*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1995.

171. Curtis CF, Hawkins PM. Entomological studies of on-site sanitation systems in Botswana and Tanzania. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1982, 76: 99-108.

172. Curtis CF. Low-cost sanitation systems and the control of flies and mosquitoes. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1984, 78: 298.

173. Morgan PR, Mara DD. *Ventilated improved pits; recent developments in Zimbabwe*. Washington, DC, World Bank, 1982 (Technical Paper No. 3).

174. Evans AC. Pit latrines and vent pipes: public health tools in rural areas. *South African journal of science*, 1984, 80: 107-108.

175. Evans AC, du Preez L. Effect of screened vent pipes on the egression of mosquitoes and flies from pit-type latrines. *South African journal of science*, 1987, 83: 144-146.

176. Oomen JMV, de Wolf J, Jobin WR. *Health and irrigation. Incorporation of disease-control measures in irrigation, a multi-faceted task in design, construction, operation*. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1990 (Publication No. 45).

177. Rajagopalan PK, Panicker KN, Das PK. Control of malaria and filariasis vectors in South India. *Parasitology today*, 1987, 3: 233-241.

178. Rajagopalan PK et al. Environmental and water management for mosquito control. In: Curtis CF, ed. *Control of disease vectors in the community*. London, Wolfe, 1991: 121-138.

179. Dua VK, Sharma VP, Sharma SK. Bioenvironmental control of malaria in an industrial complex at Hardwar (U.P.), India. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1988, 4: 426-430.

180. Sharma VP. Community-based malaria control in India. *Parasitology today*, 1987, 3: 222-226.

181. Sharma VP, Sharma RC. Bioenvironmental control of malaria in Nadiad, Kheda District, Gujarat. *Indian journal of malariology*, 1986, 23: 95-118.

182. Mulhern TD, ed. *A training manual for California mosquito control agencies*. Visalia, CA, California Mosquito Control Association, 1980.

183. Lu BL. The effect of *Azolla* on mosquito breeding. *Parasitology today*, 1988, 4: 328-329.

184. Hu YF et al. Cultivation of a fern, *Azolla filiculoides*, in rice fields for mosquito control. *Chinese journal of biological control*, 1989, 5: 104-106.

185. Rajendran R, Reuben R. Laboratory evaluation of the water fern, *Azolla pinnata*, for mosquito control. *Journal of biological control*, 1988, 2: 114-116.

186. Nalim S et al. Control demonstration of the rice-field breeding mosquito *Anopheles aconitus* Donitz in Central Java, using *Poecilia reticulata* through community participation: 1. Experimental design and concept. *Bulletin Penel Kesehatan* [Health studies Indonesia], 1985, 13: 31-37.

187. Nalim S, Tribuwono D. Control demonstration of the rice-field breeding mosquito *Anopheles aconitus* Donitz in Central Java, using *Poecilia reticulata* through community participation: 2. Culturing, distribution and use of fish in the field. *Bulletin Penel Kesehatan* [Health studies Indonesia], 1987, 15: 1-7.

188. Nalim S et al. Control demonstration of the rice-field breeding mosquito *Anopheles aconitus* Donitz in Central Java, using *Poecilia reticulata* through community participation: 3. Field trial and evaluation. *Bulletin Penel Kesehatan* [Health studies Indonesia], 1988, 16: 7-11.

Pour en savoir plus

Lutte contre les leishmanioses: Rapport d'un Comité OMS d'experts. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1990 (OMS, Série de Rapports techniques, No. 793).

Techniques entomologiques pratiques pour la lutte antipaludique. Partie I: Guide du stagiaire. Partie II: Guide de l'instructeur. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1994.

Entomological laboratory techniques for malaria control. Part I: Learner's guide. Part II: Tutor's guide.

Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1994 (document non publié; disponible auprès de La Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

Franceys R, Pickford J, Reed R. *Guide de l'assainissement individuel*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1995.

Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1989 (document non publié WHO/VBC/89.967; disponible auprès de Distribution et Ventes, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

Gilles D, Warrell D. *Bruce-Chwatt's essential malariology*. London, Heinemann Medical Books, 1993.

Mise en œuvre de la stratégie mondiale de lutte antipaludique. Rapport d'un groupe d'étude de l'OMS sur la mise en œuvre du plan mondial d'action pour la lutte contre le paludisme 1993-2000. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1993 (OMS, Série de Rapports techniques, No. 839).

Insect and rodent control through environmental management. A community action programme. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1991.

La filariose lymphatique: description et moyens de lutte. Cinquième rapport du Comité OMS d'experts. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1992 (OMS, Série de Rapports techniques, No. 821).

L'onchocercose et la lutte anti-onchocerquienne. Rapport d'un comité OMS d'expert de la lutte anti-onchocerquienne. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1995 (OMS, Série de Rapports techniques, No. 852).

Service MW. *Lecture notes on medical entomology*. London, Blackwell Scientific, 1986.

Jeux de diapositives pour la formation à la biologie des vecteurs et à la lutte antivectorielle1

[1] Disponible auprès de Diffusion et Marketing, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse.

Aedes aegypti: biology and control. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1986.

Environmental management for vector control. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1988.

Malaria vectors. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1986.

Personal protection and community action for vector and nuisance control (*prepared in collaboration with C.F. Curtis*). Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1991.

Chapitre 2. Glossines

Des vecteurs de la trypanosomiase

Les glossines ou mouches tsé-tsé sont des mouches hématophages du genre *Glossina.* On les rencontre uniquement en Afrique tropicale, et elles ont un rôle important comme vecteurs de la trypanosomiase africaine, tant chez l'homme que chez les animaux. La maladie du sommeil, c'est son nom courant, est généralement fatale pour l'Homme en l'absence de traitement. Elle sévit dans des foyers qui sont dispersés dans toute l'Afrique subsaharienne. A l'heure actuelle, les statistiques font état de 20 000 à 25 000 victimes par an, mais le risque d'épidémies graves persiste.

Biologie

Les glossines sont des diptères robustes de 6 à 15 mm de long qui se distinguent des autres mouches piqueuses par leurs pièces buccales (trompe) situées dans le prolongement du corps vers l'avant et par la nervation caractéristique de leurs ailes (Fig. 2.1).

On connaît une trentaine d'espèces et sous-espèces de glossines appartenant toutes au genre *Glossina, où* l'on peut distinguer trois groupes ou sous-genres: *Austenia* (groupe *G. fusca*)*, Nemorhina* (groupe *G. palpalis*) et *Glossina* (groupe *G. morsitans*)*.* Seules neuf espèces ou sous-espèces, appartenant au groupe *G. palpalis* ou au groupe *G. morsitans,* sont connues pour transmettre la trypanosomiase (Tableau 2.1).

Cycle de développement

La femelle de la mouche tsé-tsé étant larvipare, elle ne pond pas d'œufs mais directement une larve, une seule à la fois. La larve se développe dans l'utérus en 10 jours et, lorsque sa croissance est entièrement terminée, elle est déposée sur de la terre ou du sable humide dans un endroit ombragé, généralement à l'abri d'un buisson, d'un tronc d'arbre abattu, d'une grosse pierre ou d'une racine en contrefort. Elle s'enterre immédiatement et se transforme en pupe. L'émergence de l'imago se produit 22 à 60 jours plus tard, selon la température. La femelle ne s'accouple qu'une fois dans sa vie, mais elle peut produire une larve tous les 10 jours si les conditions sont optimales sur le plan de l'alimentation et des gîtes larvaires.

Lieux de repos

Les glossines passent le plus clair de leur temps à se reposer à l'ombre dans des zones boisées. Leur préférence va aux parties ligneuses basses de la végétation; de nombreuses tsé-tsé se cachent dans des trous d'arbre ainsi qu'entre les racines(Fig. 2.2). Elles ne recherchent leur nourriture que pendant de très brèves périodes au cours de la journée et se reposent d'ailleurs souvent à proximité de leur source de nourriture. Les zones où le risque d'être piqué par une glossine est important sont généralement les suivantes:

- les pistes forestières;
- les alentours des collections d'eau en forêts;
- la végétation à proximité des lieux de baignade et de puisage de l'eau sur les rives des rivières et des fleuves;
- la végétation entourant les villages;
- les forêts sacrées ou les cimetières plantés d'arbres;

- les lisières de la forêt en bordure des plantations (par exemple de café ou de cacao);
- les habitats de savane (pour le groupe *morsitans*).

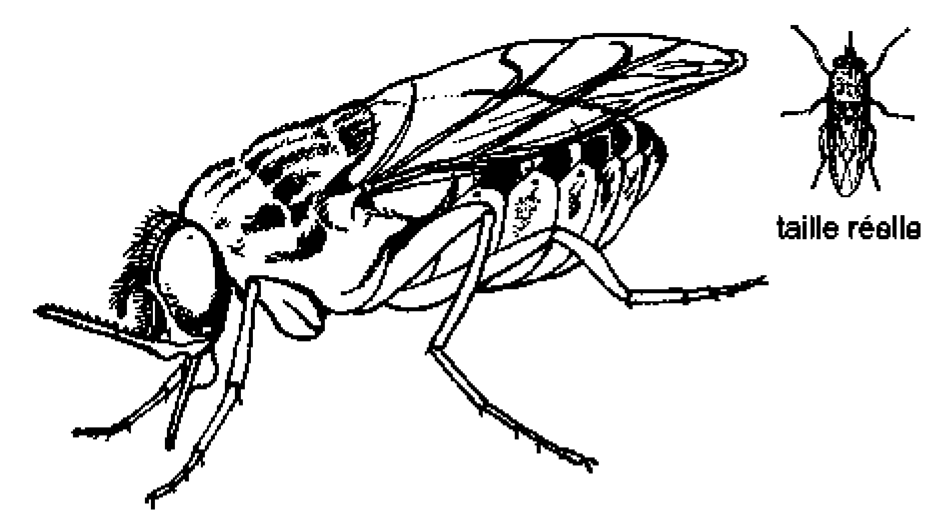


Fig. 2.1 Glossine; la mouche représentée est en train de s'alimenter, d'où son abdomen distendu (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

Tableau 2.1
Espèces et sous-espèces de *Glossina* connues pour transmettre la trypanosomiase

Groupe G. ***palpalis*** **(sous-genre *Nemorhina*)**	Groupe G. ***morsitans*** **(sous-genre *Glossina*)**
palpalis gambiense *palpalis palpalis* *tachinoides* *fuscipes fuscipes* *fuscipes quanzensis* *fuscipes martinii*	*morsitans centralis* *morsitans morsitans* *pallidipes*

Ces zones se situent souvent à la frontière de deux biotopes ou types de végétation dont l'un au moins est boisé. Pareille combinaison offre aux glossines à la fois des lieux sûrs pour se reposer et une bonne visibilité des zones où elles s'alimentent.



Fig. 2.2 Dans les zones boisées, les glossines se reposent le plus souvent sur les rameaux et les parties ligneuses de la végétation, à proximité du sol.

Alimentation

Toutes les mouches tsé-tsé, et aussi bien les mâles que les femelles, se nourrissent de sang; mais leurs sources préférées diffèrent selon les espèces. Pour la plupart, elles préfèrent piquer les animaux et ne s'attaquent à l'homme qu'accidentellement. Les espèces les plus dangereuses sont celles qui n'ont pas de préférence marquée et prennent leurs repas de sang sur tout hôte à leur portée immédiate, sans exclure l'Homme. Lors de la recherche d'un repas, les glossines sont attirées par les objets mobiles de grandes dimensions ou de couleur bleu vif (*1*) et par le dioxyde de carbone.

Importance pour la santé publique

La piqûre des glossines est douloureuse, de sorte que cet insecte peut constituer une véritable nuisance pendant la journée lorsque sa densité est élevée.

Trypanosomiase

Il existe chez l'Homme deux formes de maladie du sommeil selon la sous-espèce de trypanosome en cause (Fig. 2.3):

- la trypanosomiase à *T. gambiense* (provoquée par *Trypanosoma brucei gambiense*) qui est généralement considérée comme chronique et s'observe le plus souvent en Afrique occidentale et en Afrique centrale;

- la trypanosomiase à *T. rhodesiense* (provoquée par *Trypanosoma brucei rhodesiense*) qui est une affection aiguë cantonnée pour l'essentiel à l'Afrique orientale.

On estime à une cinquantaine de millions le nombre de personnes, réparties dans 36 pays, qui sont exposées au risque de contracter la trypanosomiase.

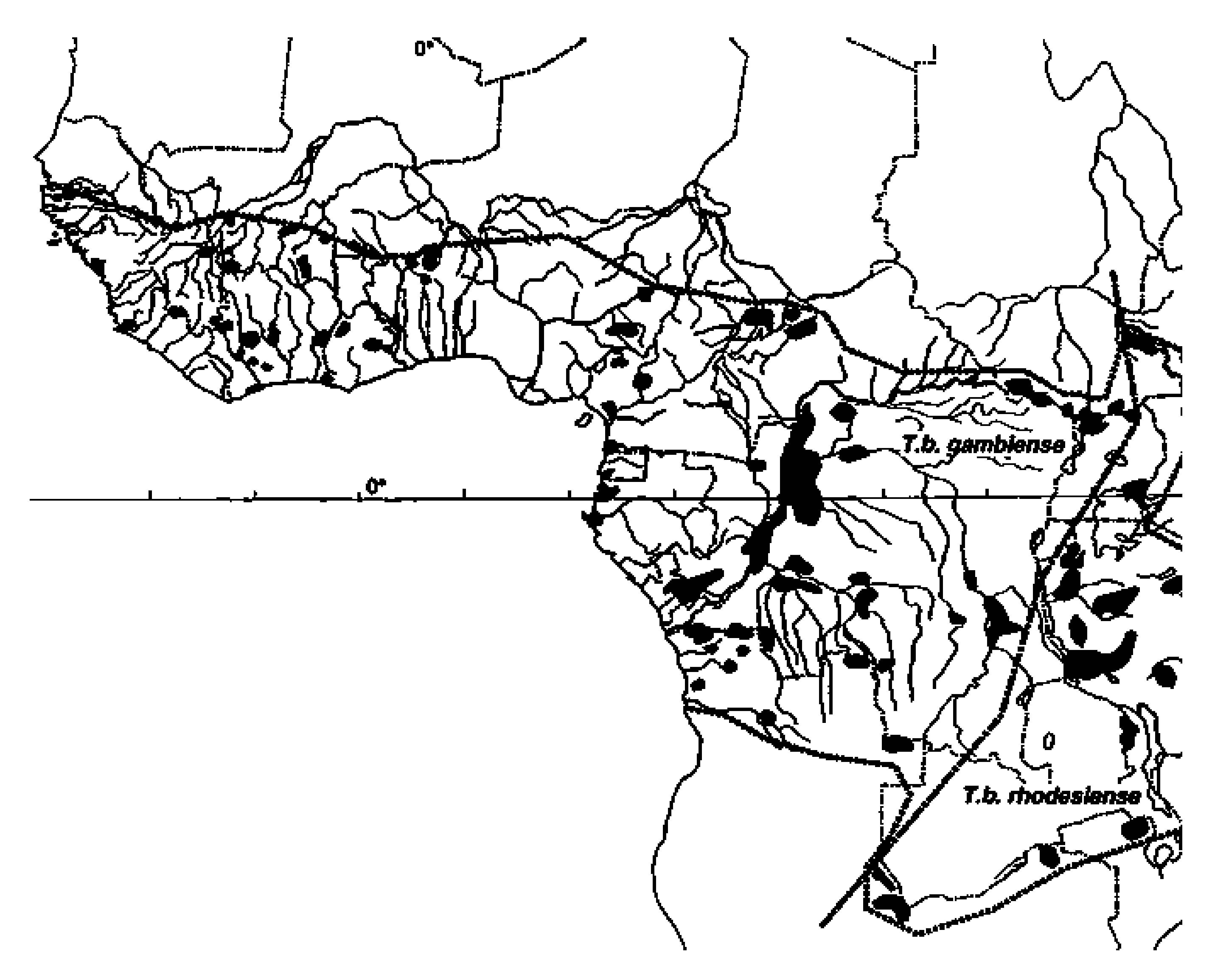


Fig. 2.3 Distribution géographique des foyers de trypanosomiase à *T. gambiense* et à *rhodesiense*, 1996 (© OMS).

Pourtant, on ne signale qu'environ 20000 nouveaux cas chaque année. Parmi ceux-ci, 2 à 3% succombent à la maladie du fait de l'inefficacité chez eux des médicaments ou des effets secondaires du traitement. On pense que de nombreux cas ne sont pas déclarés.

D'autres espèces de trypanosomes peuvent être pathogènes pour la faune sauvage ou les animaux domestiques, notamment les bovins, les porcins et les chevaux.

Transmission

La glossine se contamine en ingérant des trypanosomes avec le sang lorsqu'elle pique une personne ou un gros animal, domestique ou sauvage, eux-mêmes infectés. Une fois contaminée, la glossine transmet l'infection en injectant à son tour des parasites dans le sang d'une nouvelle victime. Ces parasites se multiplient et envahissent les liquides et les tissus de l'organisme.

L'infection se produit généralement à l'endroit où l'Homme pénètre dans l'habitat naturel des glossines.

La maladie du sommeil à *T. gambiense* est principalement transmise par des mouches du groupe *G. palpalis.* Elles s'attaquent à l'Homme le long des fleuves, par exemple au niveau des ponts et des gués, dans les villages en bord de lac et aux endroits utilisés pour la lessive ou la baignade, ainsi qu'auprès des collections d'eau, des plantations et des routes bordées par la végétation (Fig. 2.4 et 2.5).



Fig. 2.4 La transmission de la trypanosomiase à *T. gambiense* se produit le plus fréquemment le long des cours d'eau et au bord des lacs.

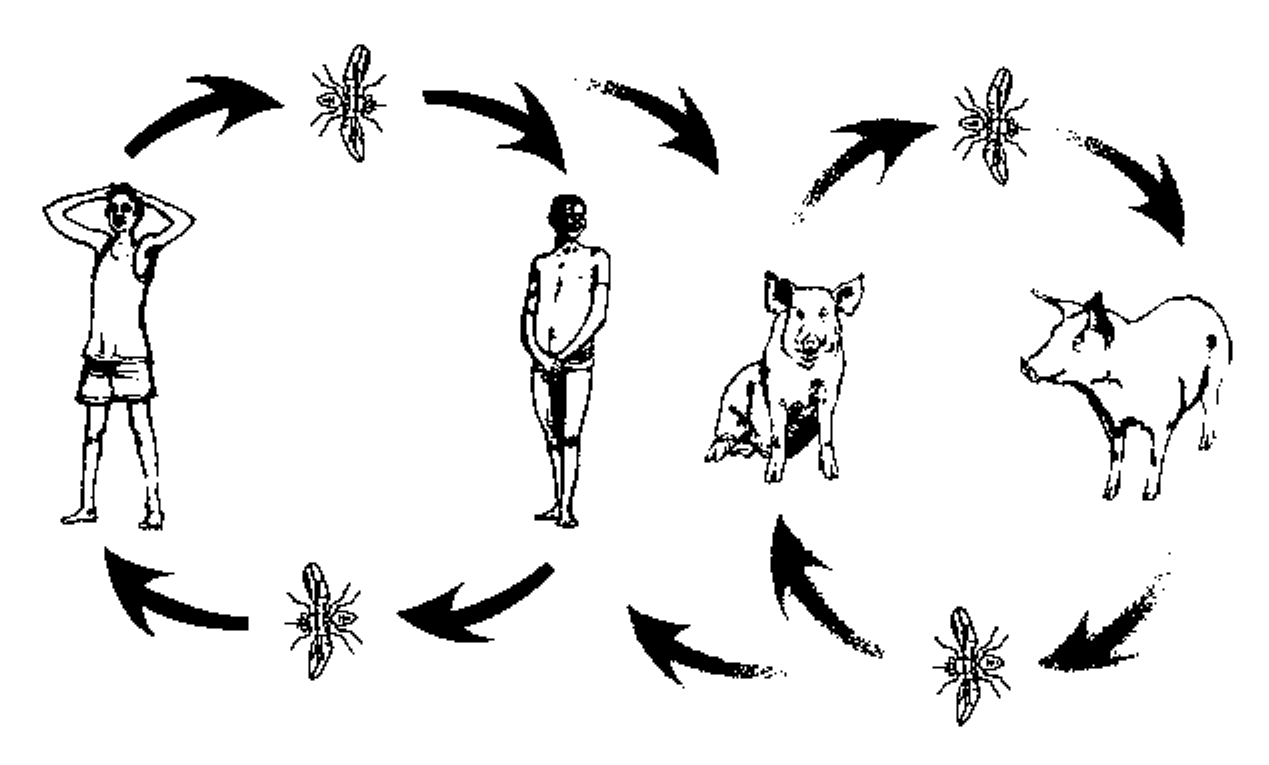


Fig. 2.5 Cycle de transmission de la trypanosomiase à *T. gambiense.*

La maladie du sommeil à *T. rhodesiense* est transmise par des espèces de savane appartenant au groupe *G. morsitans.* En principe, ces espèces se nourrissent sur les animaux sauvages qui vivent dans la savane et les zones boisées comme le guib, ou sur des animaux domestiques comme les bovins et les chèvres. Elles s'attaquent également aux Hommes qui vivent dans ces régions ou y pénètrent - agriculteurs, gardiens de troupeau, pêcheurs, chasseurs, voyageurs et ramasseurs de miel. Dans certaines zones d'épidémie (par exemple à proximité du lac Victoria), la trypanosomiase à *T. rhodesiense* est transmise dans l'environnement péridomiciliaire, d'une personne à une autre ou d'un animal domestique à l'homme, par une sous-espèce du groupe *G. palpalis,* à savoir *G. f. fuscipes* (Fig. 2.6).

Clinique

Les premiers symptômes de la maladie du sommeil consistent en céphalées, fièvre irrégulière, œdèmes et arthralgies (Fig. 2.7). A un stade plus avancé, le parasite envahit le cerveau, déterminant en général des troubles mentaux, le coma puis la mort. Dans la trypanosomiase à *T. gambiense,* il existe souvent une période de latence, cliniquement muette, qui peut durer plusieurs mois ou plusieurs années. Cette période de latence est absente ou de courte durée dans la trypanosomiase à *T. rhodesiense.* Les infections à *T. gambiense* ont généralement une évolution lente, tandis que celles à *T. rhodesiense* ont un caractère aigu. Sans traitement, les deux formes de maladie du sommeil sont fatales.

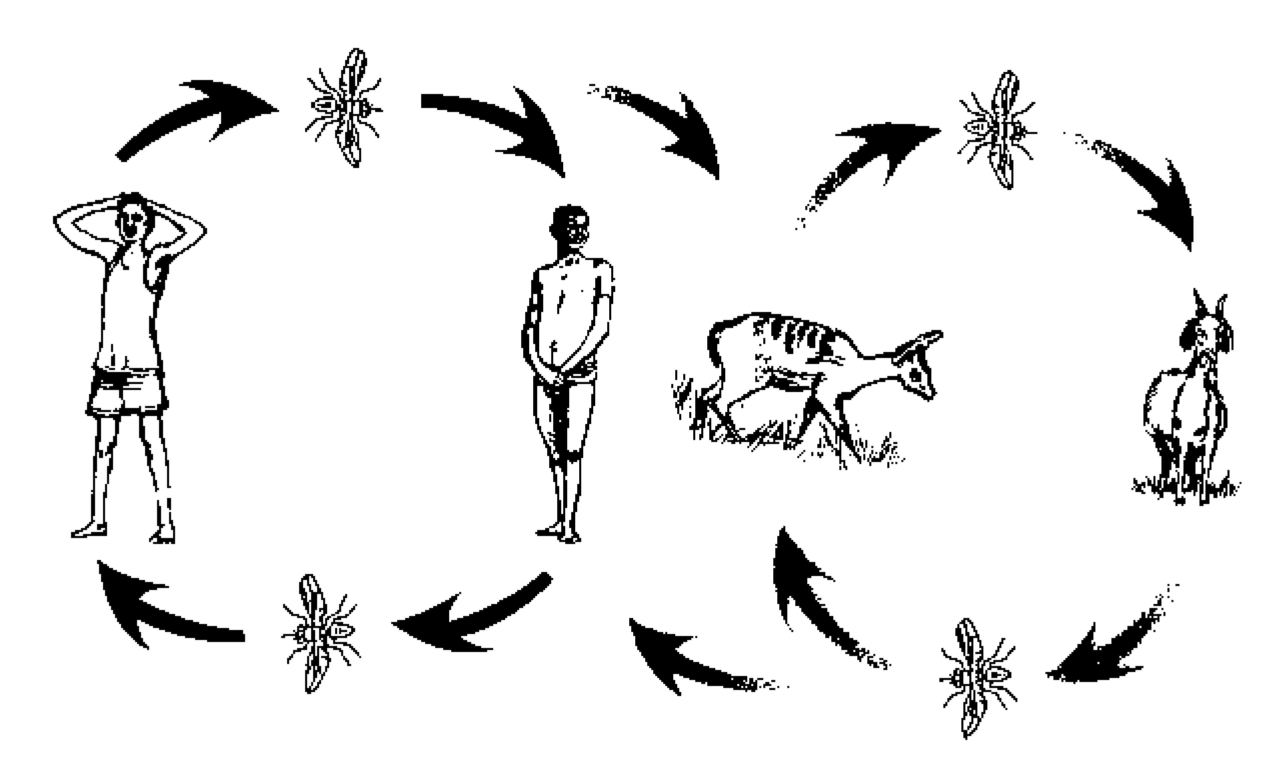


Fig. 2.6 Cycle de transmission de la trypanosomiase à *T. rhodesiense.*

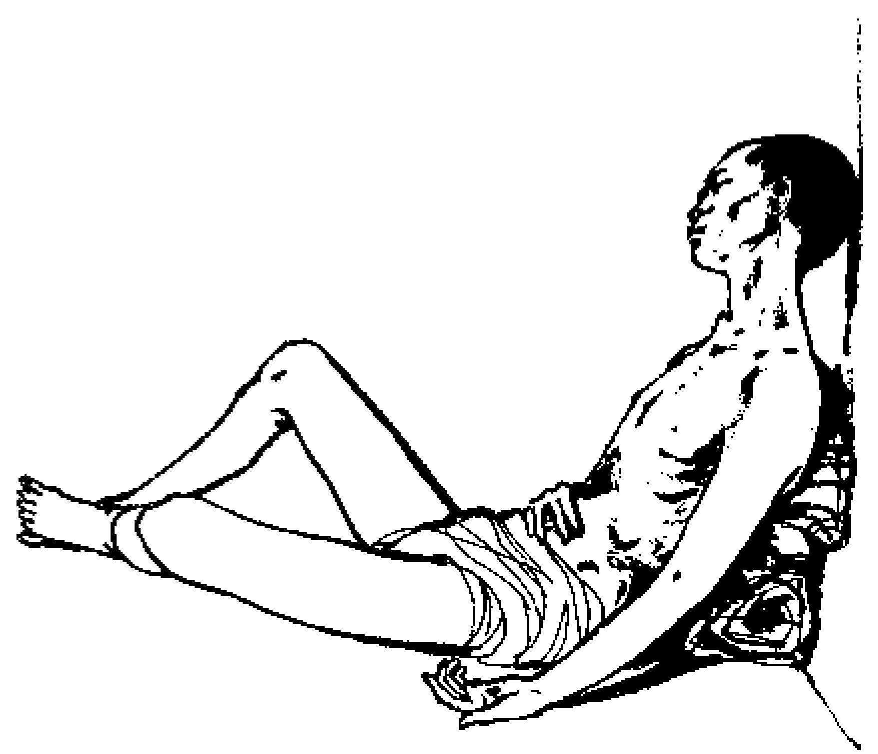


Fig. 2.7 La trypanosomiase africaine débute généralement par des céphalées, une fièvre irrégulière, des oedèmes et des arthralgies. A un stade plus avancé, l'atteinte du cerveau entraîne l'affaiblissement des fonctions mentales, un coma (état d'hébétude du «sommeilleux») et la mort.

Traitement

Il n'existe pas de traitement chimioprophylactique. Par le passé, on a utilisé la pentamidine à cette fin, mais on ne croit plus à son efficacité.

Aux stades précoces de la maladie du sommeil, alors que le système nerveux n'est pas encore atteint, un traitement est possible. Contre les infections à *T. rhodesiense,* on utilise la suramine sodique par voie intraveineuse, tandis que, contre celles à *T. gambiense,* on se sert de la pentamidine, généralement en intramusculaire encore qu'une perfusion intraveineuse lente se révèle tout aussi efficace. Ces deux médicaments ont des effets secondaires.

A la phase tardive, caractérisée par une atteinte neurologique, les chances de guérison sont restreintes. Jusqu'à une époque récente, la seule molécule disponible à ce stade était le mélarsoprol, tant pour la trypanosomiase à *T. gambiense* que pour celle à *T. rhodesiense.* Comme ce médicament peut avoir des effets secondaires graves, engageant le pronostic vital, il doit être administré sous surveillance médicale rigoureuse. Son utilisation est à déconseiller aux stades précoces.

En 1994, on a utilisé avec succès un nouveau produit, l'éflornithine, pour le traitement de la trypanosomiase à *T. gambiense* à tous les stades. Toutefois la production de cette substance a cessé fin 1995.

Le traitement des deux formes de maladie du sommeil est onéreux.

Prévention et lutte

La stratégie actuellement mise en œuvre contre la maladie du sommeil repose sur le dépistage actif et le dépistage passif (surveillance), le traitement des sujets parasités et, quand il y a lieu, la lutte contre les glossines. Depuis quelques années, on cherche à s'assurer la participation des communautés aux programmes nationaux de façon qu'elles puissent durablement prendre le relais des activités entreprises par l'échelon central.

L'objectif de la surveillance est de réduire le réservoir humain de l'infection et de rendre le traitement moins dangereux grâce à un dépistage précoce. La surveillance permet aussi de déceler sans retard toute augmentation de la prévalence. Vu que la symptomatologie de la trypanosomiase à *T. gambiense* est généralement fruste, la surveillance comporte dans ce cas des programmes de dépistage confiés à des équipes mobiles. Dans les zones où c'est la forme à *T. rhodesiense* qui sévit, la surveillance est principalement fondée sur l'observation des patients qui viennent spontanément consulter dans les centres de santé ruraux.

Le diagnostic repose sur la sérologie: le test d'agglutination direct sur carte pour la trypanosomiase (CATT) permet d'identifier les cas de trypanosomiase à *T. gambiense,* tandis que l'immunofluorescence indirecte (IFT) permet de déceler une infection à *T. rhodesiense.* Les cas séropositifs sont confirmés par un examen microscopique qui révèle la présence du trypanosome dans le sang, le suc ganglionnaire ou le liquide céphalorachidien.

Les épidémies récentes sont le plus souvent à mettre au compte d'un relâchement de la surveillance et de l'importance accrue des mouvements de population. De plus, les activités de lutte ont souffert du manque de personnel qualifié et de moyens financiers.

Le principal objectif de la lutte antivectorielle est de limiter les contacts entre la population et les glossines. De toutes les méthodes actuellement disponibles, les plus prometteuses et les plus acceptables du point de vue écologique consistent dans l'utilisation de pièges à glossines ou celle d'écrans imprégnés d'un insecticide. Lors d'une épidémie, qui appelle des mesures d'urgence, on peut procéder à la pulvérisation d'insecticides sur la végétation, dans les lieux de repos des glossines.

Mesures de lutte

Toute une série de méthodes sont utilisables dans la lutte contre les glossines. Avant la découverte d'insecticides appropriés, on s'appuyait principalement sur le débroussaillement des zones servant d'habitat aux glossines. Dans les régions touchées par la trypanosomiase à *T. rhodesiense,* on tuait ou éliminait la principale source de nourriture des mouches, à savoir la faune sauvage. Du fait de cette pénurie alimentaire, les glossines finissaient par s'éteindre. Ces méthodes ont été largement abandonnées, et l'on a désormais recours à la pulvérisation d'insecticides et à l'utilisation de pièges et écrans imprégnés d'insecticides.

Pièges et écrans imprégnés d'insecticides

Les pièges et écrans constituent une arme efficace dans la lutte contre les glossines. Ils sont bon marché, faciles à transporter et totalement dénués de risque pour l'utilisateur et pour l'environnement. Une fois qu'un écran ou un piège adapté a été mis au point pour une région donnée, son utilisation ne nécessite aucune compétence particulière. La méthode convient donc parfaitement chaque fois que l'on recherche un moyen efficace et bon marché pour protéger la communauté.

Mode d'action et conception

Depuis de longues années, les chercheurs se servent pour leurs études de pièges d'un modèle spécial adapté à la capture des glossines. On sait que ces dernières s'appuient au moins en partie sur leur vue pour trouver les endroits qui leur conviennent pour leurs repas de sang ou comme lieux de repos et sont attirées par les objets de grandes dimensions qui se déplacent ou se détachent sur le paysage environnant. Certaines couleurs, spécialement le bleu, attirent de nombreuses glossines (2). Pour inciter les mouches à venir s'y poser, on utilise pour confectionner les pièges des écrans de deux couleurs contrastées, le bleu et le noir. Une fois posées, les glossines se déplacent vers la partie supérieure du dispositif, en direction de la lumière. Quand elles y sont parvenues, elles sont prises au piège dans un sac spécialement conçu.

Un piège efficace attire toutes les glossines qui se trouvent dans un rayon d'une cinquantaine de mètres, distance correspondant à leur portée visuelle. Les mouches migrantes qui passent à proximité sont également attirées. De ce fait, un piège peut éliminer des glossines qui proviennent d'un territoire beaucoup plus étendu que sa zone d'attraction immédiate. Les tsé-tsé qui pénètrent à l'intérieur du piège succombent soit à l'exposition à un insecticide dont le matériau constitutif du piège est imprégné, soit à l'exposition au soleil. Les pièges imprégnés ont l'avantage

supplémentaire d'assurer la destruction des glossines qui se posent simplement sur le piège, sans pénétrer à l'intérieur.

Le modèle de base des pièges et des écrans peut être utilisé partout en Afrique où l'on rencontre des glossines, moyennant parfois quelques modifications destinées à en accroître l'efficacité dans les conditions locales. Pour lutter contre certaines espèces responsables de la transmission de la trypanosomiase animale (groupe *Glossina morsitans*), on dispose de substances odorantes qui les attirent.

L'écran imprégné d'insecticide, qui est une variante simplifiée du piège imprégné, est constitué d'un grand morceau d'étoffé d'une couleur attractive pour les glossines, lesquelles sont tuées par l'insecticide lorsqu'elles se posent sur l'écran imprégné. Ce type de dispositif n'est efficace qu'aussi longtemps que l'insecticide subsiste.

Utilisation de pièges par les particuliers ou les communautés

Etant donné que les glossines peuvent parcourir en vol des distances considérables, l'utilisation de pièges doit se faire à très grande échelle. Cela suppose la participation de plusieurs personnes dans une même communauté, et même de préférence celle de plusieurs communautés, voire de plusieurs districts. Cependant, des communautés isolées habitant en forêt, par exemple au Congo, ont mis en œuvre avec succès leurs propres mesures de protection. Quant aux exploitants agricoles, ils peuvent assurer leur protection individuelle en région forestière en installant des pièges ou des écrans sur leurs plantations ou dans leurs camps.

Modèles de pièges et écrans

Le piège biconique

Le piège biconique est l'un des premiers modèles à avoir été mis au point (Fig. 2.8) (*3*). A la différence de deux modèles plus récents, il n'est pas utilisé dans les opérations de lutte à grande échelle à cause de son prix relativement élevé et de sa structure complexe. Cependant, on s'en sert encore pour contrôler l'efficacité de la lutte anti-glossines.

Le cône inférieur est fabriqué en coton ou en tissu synthétique de couleur bleu électrique. L'intérieur est subdivisé en quatre compartiments au moyen de quatre morceaux de tissu noir. Quatre ouvertures permettent aux glossines de pénétrer à l'intérieur de ce cône. Le cône supérieur est fabriqué avec de la mousseline pour moustiquaire et équipé d'un dispositif simple qui assure la capture des glossines.

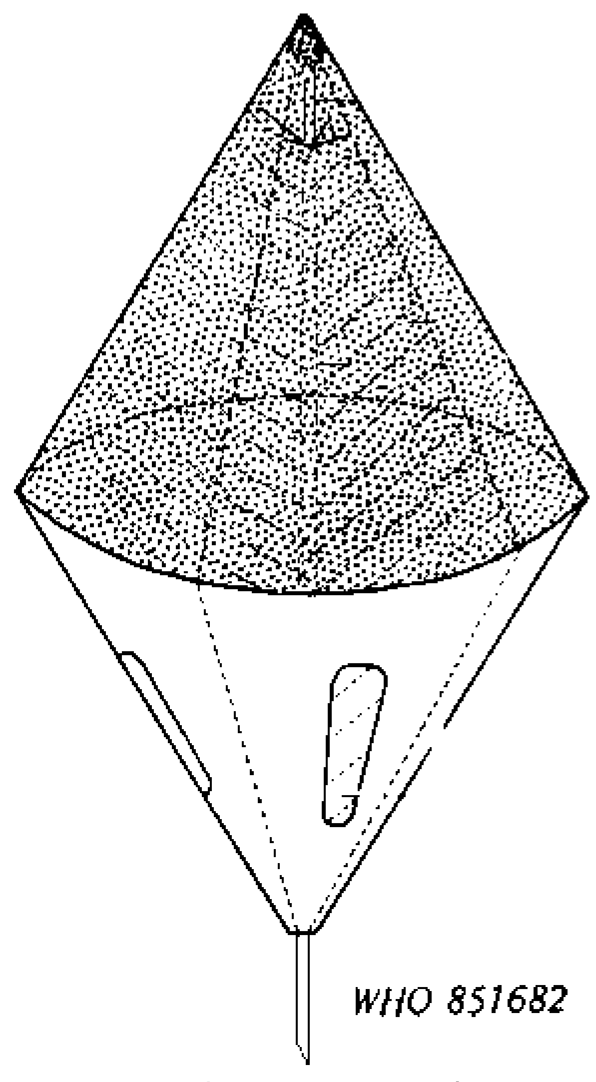


Fig. 2.8 Le piège biconique. Les cônes sont subdivisés en quatre compartiments au moyen de quatre morceaux de tissu noir (© OMS).

WHO 851682

Le piège Vavoua

La bourgade éponyme de ce piège, lieu de sa mise au point, se situe en Côte d'Ivoire (Fig. 2.9) (*4*). Un cône en mousseline pour moustiquaire fixé sur un cerceau en métal galvanisé est placé au-dessus de trois écrans disposés radialement à 120°. Chaque écran est de couleur bleue sur les deux tiers verticaux extérieurs et de couleur noire sur le tiers intérieur. Les glossines viennent se poser sur les parties noires et, comme elles sont attirées par la lumière vers le haut, elles se trouvent enfermées dans le cône supérieur lorsqu'elles s'envolent. Ce modèle peut être soit équipé d'un piège simple, soit imprégné d'un insecticide.

Le piège pyramidal

Le piège pyramidal est constitué d'une pyramide de mousseline pour moustiquaire, blanche et transparente, qui coiffe deux écrans noirs et deux écrans bleus disposés en croix (Fig. 2.10). Mis au point au Congo (5), ce modèle est actuellement utilisé à grande échelle en Ouganda. Comme il est équipé d'un dispositif de capture à son sommet, il n'a pas besoin d'être imprégné d'insecticide de sorte qu'il est adapté aux régions où les pluies sont abondantes.

Dans les programmes de grande ampleur, il a l'avantage d'une très grande compacité qui en facilite l'entreposage. On peut lui donner sa forme définitive sur place, en déployant les écrans au moyen de deux bâtons.

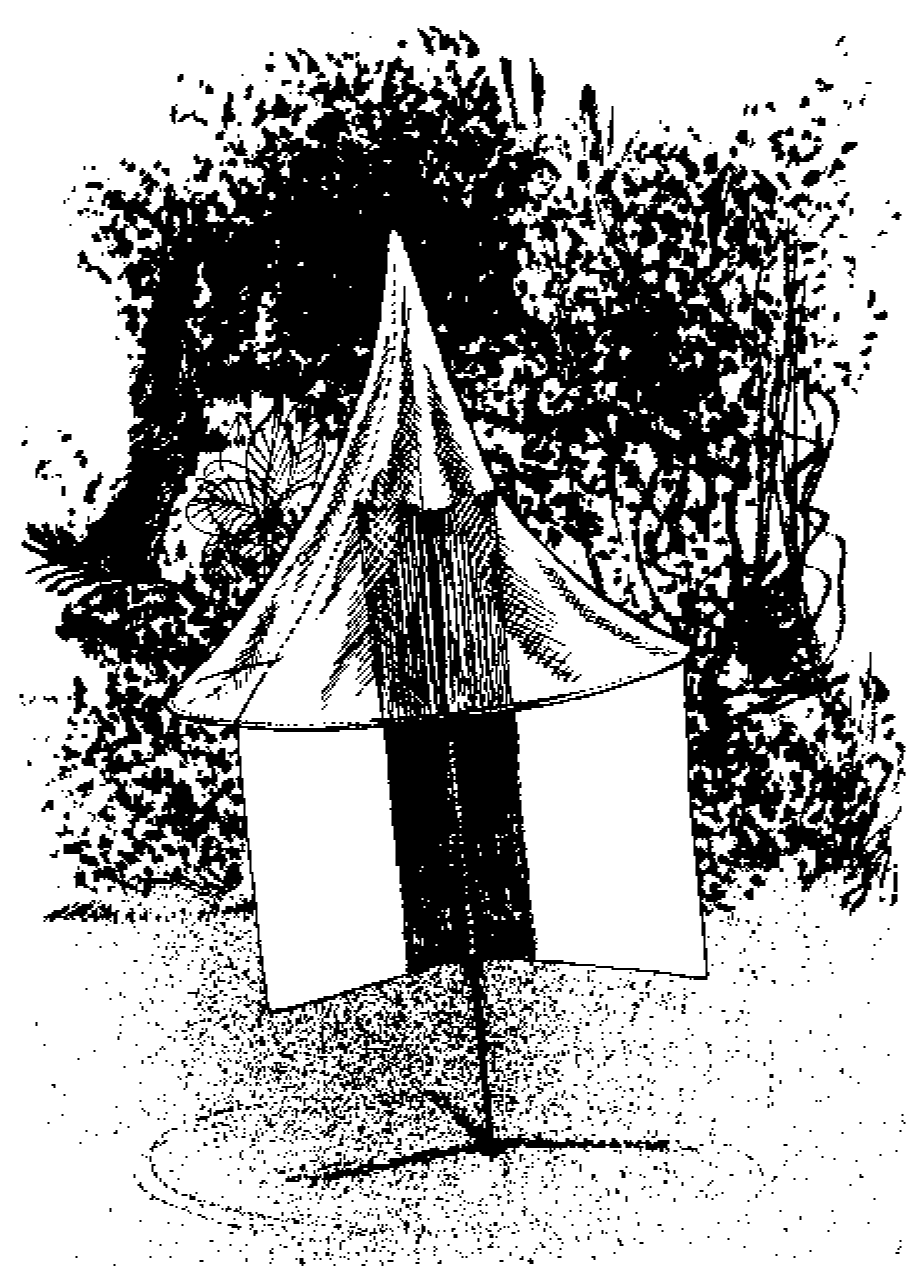


Fig. 2.9 Le piège Vavoua.

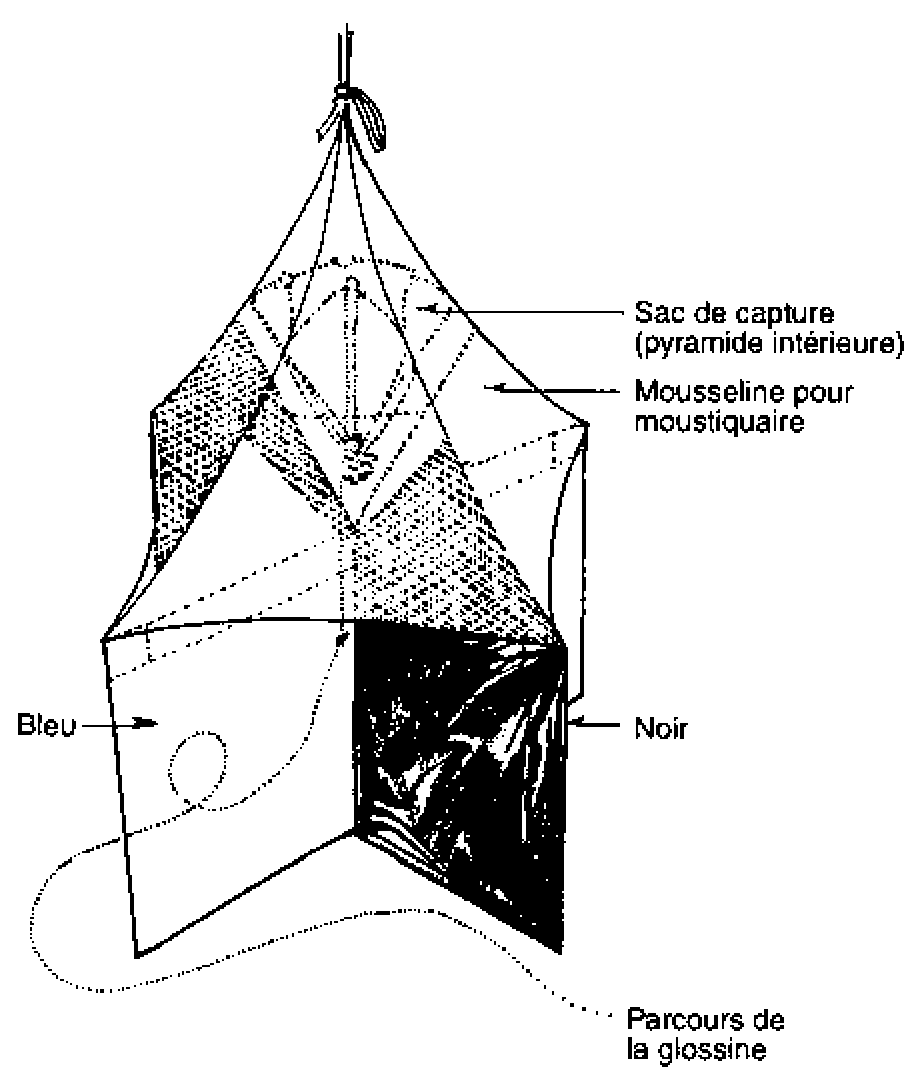


Fig. 2.10 Le piège pyramidal.

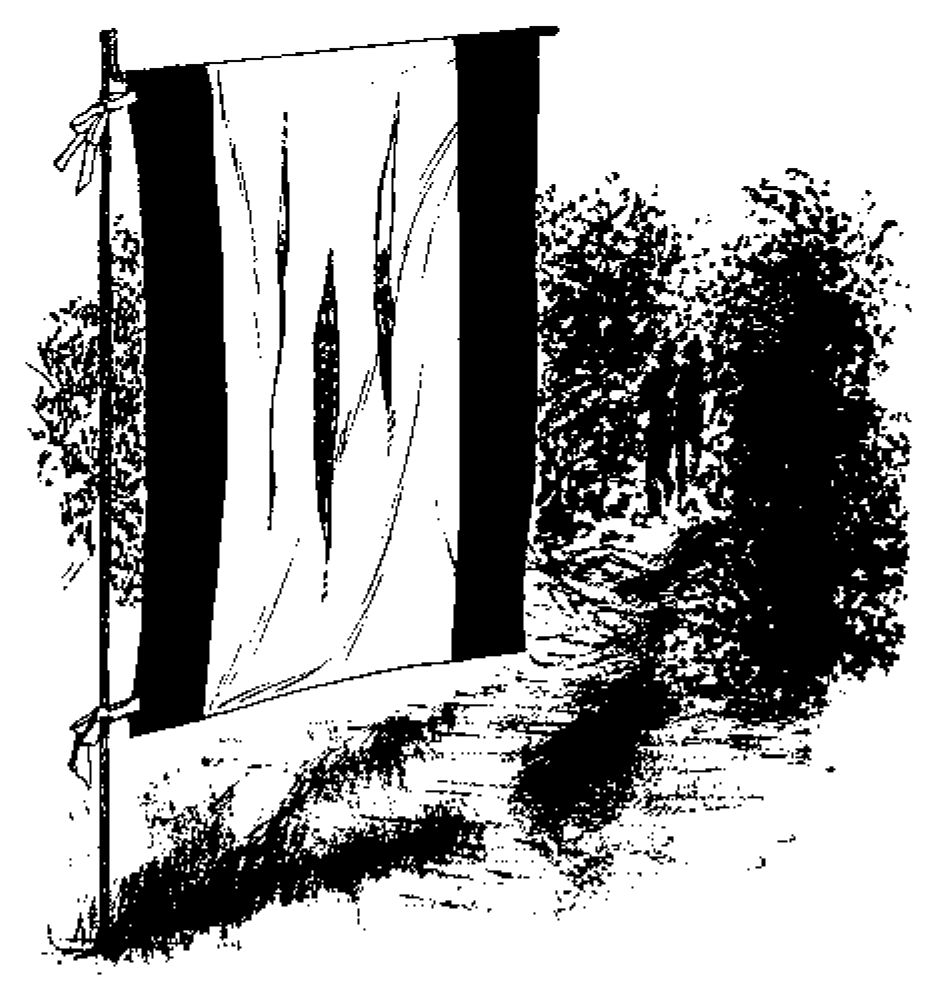


Fig. 2.11 Piège imprégné fixé à un support métallique. On peut lacérer le tissu pour dissuader les voleurs et réduire l'effet du vent.

Ecrans imprégnés

A la différence des pièges, les écrans n'assurent la destruction des mouches que s'ils sont imprégnés d'insecticide.

Le modèle le plus courant est constitué d'une bande de matériau bleu électrique où sont mélangés coton et polyester ou plastique, complétée sur les bords par deux morceaux de nylon, ce qui porte la superficie totale à environ 1 m^2. L'écran est déplié entre deux lattes en bois horizontales, puis soit accroché à une branche par une corde, soit fixé à un support métallique vertical enfoncé dans le sol (Fig. 2.11) (6).

Les glossines sont attirées par la couleur bleue et essaient de se poser sur les bandes noires. Il suffit donc d'imprégner uniquement celles-ci, qui doivent être confectionnées à l'aide d'un matériau constituant un bon substrat pour l'insecticide; c'est le nylon qui semble le mieux convenir à cette fin.

Avantages et inconvénients des pièges et des écrans

Ecrans Les écrans sont moins compliqués que les pièges et reviennent environ 70% moins cher (7). C'est dire qu'une même enveloppe budgétaire permet de couvrir une zone plus étendue ou de l'équiper de façon plus dense. En revanche, la nécessité d'une imprégnation plus fréquente représente un inconvénient notoire. *Pièges* Les pièges attirent davantage de glossines que les écrans du fait qu'ils sont visibles sous tous les angles. Ils exigent moins de manipulations puisqu'ils restent efficaces même quand l'insecticide a cessé d'être actif. *Pièges imprégnés ou non d'insecticide*
Les pièges imprégnés ont une efficacité supérieure de 10-20% à celle des pièges non imprégnés. Avec ces derniers, il faut donc plus longtemps pour obtenir le même taux de destruction des glossines. Les pièges non imprégnés doivent être équipés d'un dispositif de capture permanent, par exemple un sac. On peut également les imprégner si l'on cherche une efficacité rapide. Les pièges continuent d'assurer la capture de glossines quand l'insecticide est devenu inactif, au bout de 3 à 6 mois.

Installation

Le mode d'installation dépend des conditions locales et est affaire de préférence personnelle. On peut se contenter de fixer les pièges à un piquet ou à un poteau métallique ou en bois. Dans les régions découvertes et ventées, la résistance au vent est probablement supérieure lorsqu'on accroche le piège à une branche (Fig. 2.12) ou tout autre support au lieu de le fixer à un poteau. Les pièges accrochés dans la végétation comportent le risque de voir leurs éléments constitutifs s'enchevêtrer. L'utilisation d'un support spécialement conçu a le gros avantage de permettre le choix d'emplacements ensoleillés, les mieux adaptés (Fig. 2.13).



Fig. 2.12 Les pièges peuvent être accrochés à une branche choisie de façon que le bas du piège se trouve à 30-50 cm du sol.

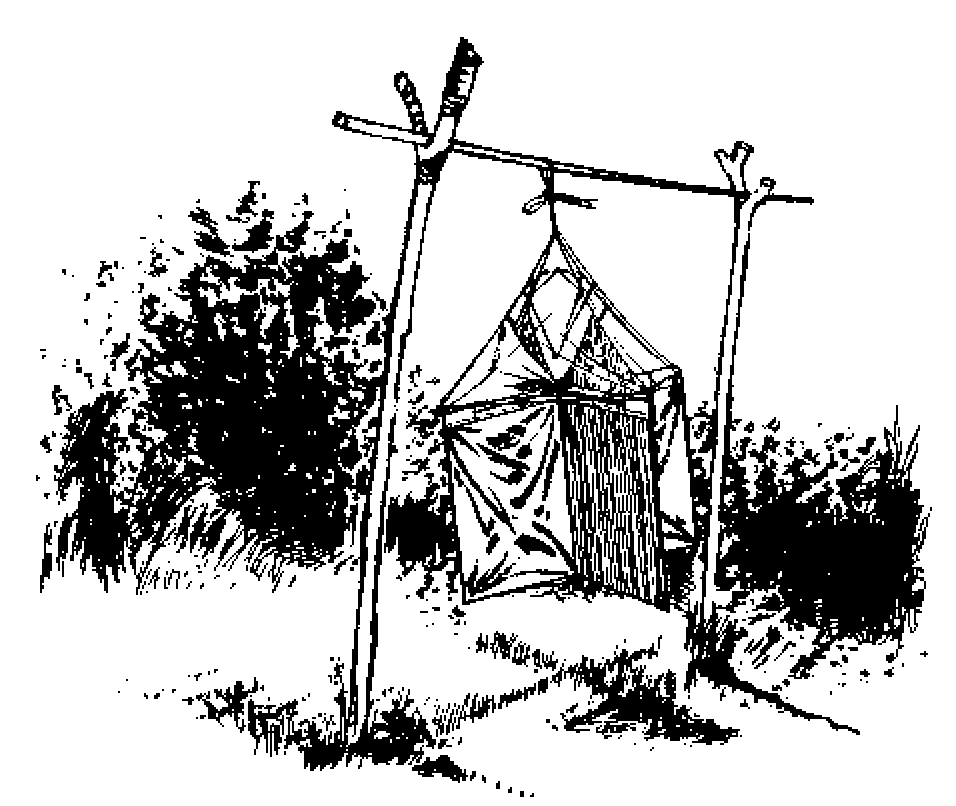


Fig. 2.13 Les pièges peuvent être accrochés à un support spécial, dans un endroit ensoleillé.

Les écrans peuvent être dépliés entre deux lattes de bois horizontales ou accrochés aux branches d'un arbre avec une corde. Toutefois, comme ils risquent davantage que les pièges de s'enchevêtrer s'ils sont installés dans la végétation, il est recommandé de les suspendre à un support métallique ou en bois (voir Fig. 2.11).

Les endroits qui conviennent le mieux pour l'installation d'un piège ou d'un écran dépendent du type de biotope. En général, les meilleurs emplacements sont dégagés et ensoleillés et situés dans un endroit où la population de mouches est dense. Leur bonne visibilité fait que les glossines sont attirées et viennent se poser sur les écrans noirs, d'où une chance accrue, lorsqu'elles s'envolent vers le haut, qu'elles pénètrent dans le cône supérieur vivement éclairé dont elles ne peuvent plus sortir.

Une fois la zone choisie pour l'installation d'un piège, on peut déplacer celui-ci de façon à obtenir une efficacité maximale. Pour savoir si un piège imprégné est bien situé, il suffit de compter le nombre de captures chaque jour de la première semaine. En comparant les chiffres avec ceux qui sont obtenus avec d'autres pièges, on repère les pièges peu productifs qu'il convient de déplacer.

Forêts-galeries

Les glossines recherchent souvent leurs repas de sang en suivant la rive d'un cours d'eau. Ce biotope est très bien adapté à l'utilisation de pièges et d'écrans qu'on peut facilement disposer sur le trajet suivi en vol par les glossines. Les endroits utilisés pour la baignade et la lessive doivent être protégés par un piège ou un écran installé au début de la piste partant du cours d'eau (Fig. 2.14). Si possible, on en installera d'autres tout autour. Les études montrent qu'on obtient une efficacité maximale en installant des pièges ou écrans tous les 300 m sur une distance d'environ 5 km, tant en amont qu'en aval de la zone à protéger.

Les pièges ou écrans doivent être installés:

- le plus près possible des bords du cours d'eau afin d'avoir une visibilité maximale;
- dans les endroits les plus découverts et ensoleillés;
- en plus grand nombre dans les endroits les plus fréquentés par la population le long du cours d'eau.

La meilleure époque pour installer des pièges ou écrans se situe à la fin de la saison des pluies, après la décrue, et cela pour plusieurs raisons:

- pendant la saison des pluies, l'insecticide imprégnant le dispositif risque fort d'être lessivé;
- la population de glossines se concentre dans la forêt-galerie pendant la saison sèche;
- la population de glossines est alors plus âgée (du fait du taux de mortalité des pupes plus élevé à la saison des pluies) et compte, par conséquent, davantage d'insectes qui sont plus attirés par les pièges.

Villages entourés par la forêt

Les glossines se reposent dans la végétation entourant les villages et s'attaquent à l'homme et aux animaux domestiques, à proximité de la lisière, dans les zones au sol détrempé, aux endroits où l'on s'approvisionne en eau, bornes-fontaines ou autres,

dans les toilettes, dans les lieux de baignade, etc. Autour des villages, il faut préférer les pièges aux écrans et les installer aux endroits où l'on risque normalement d'être piqué (Figs 2.15 et 2.16). L'utilisation de pièges munis d'un sac où sont emprisonnées les glossines permet aux villageois d'apprécier l'efficacité des activités de lutte.

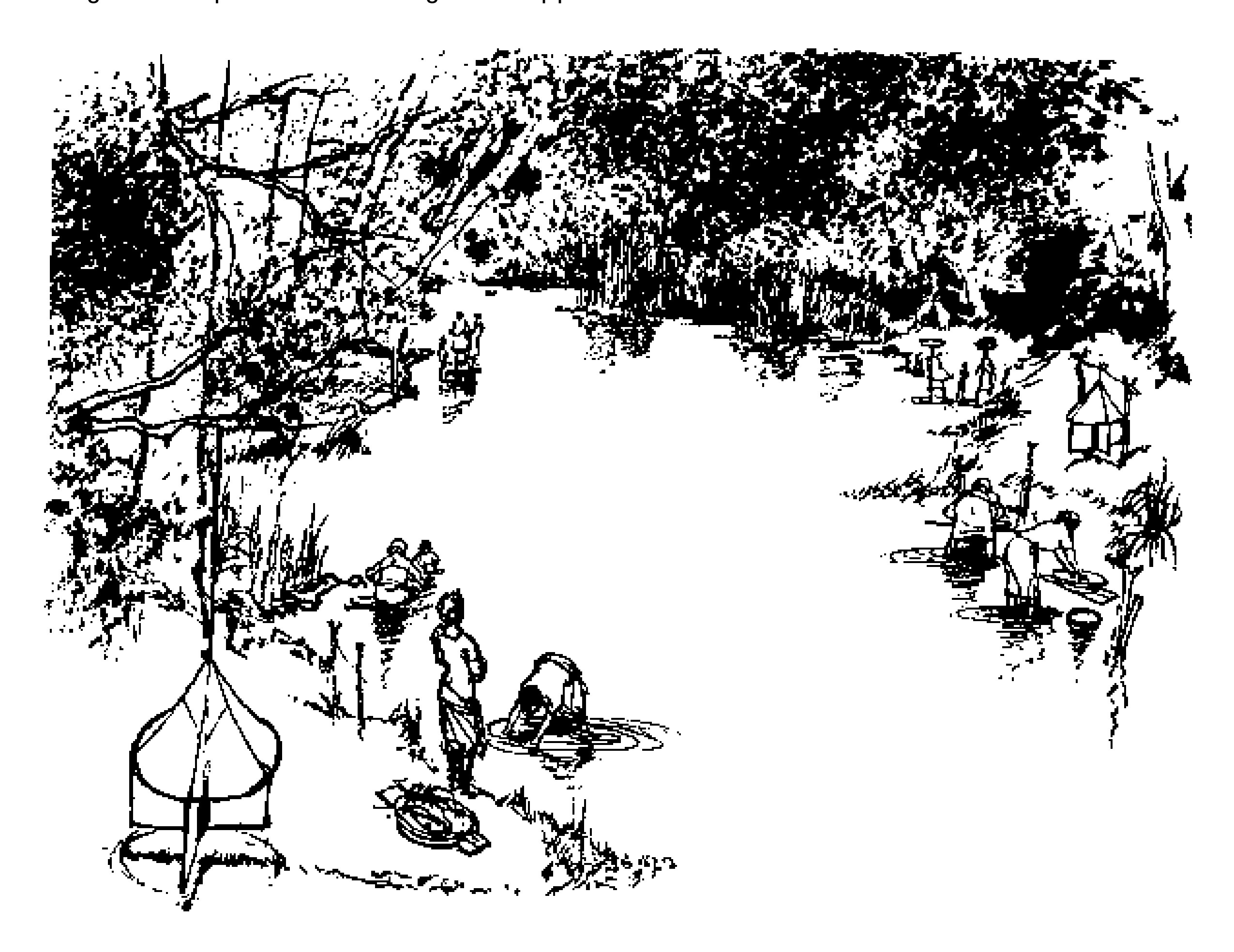


Fig. 2.14 Des pièges doivent être installés à proximité des lieux de lessive ou de baignade.

Chemins et sentiers situés en lisière de forêt

Les mouches tsé-tsé s'attaquent souvent à l'Homme sur les sentiers situés à la lisière de la forêt. En pareil cas, on peut se servir d'écrans, car leur localisation rend facile une nouvelle imprégnation si besoin est. Il faut disposer les écrans perpendiculairement au sentier afin qu'ils soient bien visibles pour les glossines qui volent le long du sentier (Fig. 2.17).

Plantations

Les glossines s'attaquent également aux personnes qui travaillent dans leur jardin et sur les plantations de café ou de cacao. On peut assurer leur protection au moyen de pièges ou d'écrans installés à la limite des plantations et à la lisière de la forêt (Fig. 2.18). Sur les plantations, la préférence doit être accordée aux écrans qui reviennent

moins cher que les pièges (argument important vu le nombre de dispositifs nécessaire) et peuvent être facilement réimprégnés sans soulever de problèmes d'accès.



Fig. 2.15 Pour protéger un village, il faut installer des pièges à la lisière de la forêt, là où les glossines s'attaquent couramment à l'Homme.

Points d'eau dans les régions boisées

L'approvisionnement en eau ne se fait pas uniquement dans les rivières, mais également dans des puits, des mares, des trous d'emprunt et des bassins isolés. Quand ce genre d'emplacement se trouve dans la forêt, il constitue un habitat favorable pour les mouches tsé-tsé. Il faut donc installer un ou deux pièges ou écrans à proximité (Fig. 2.19).

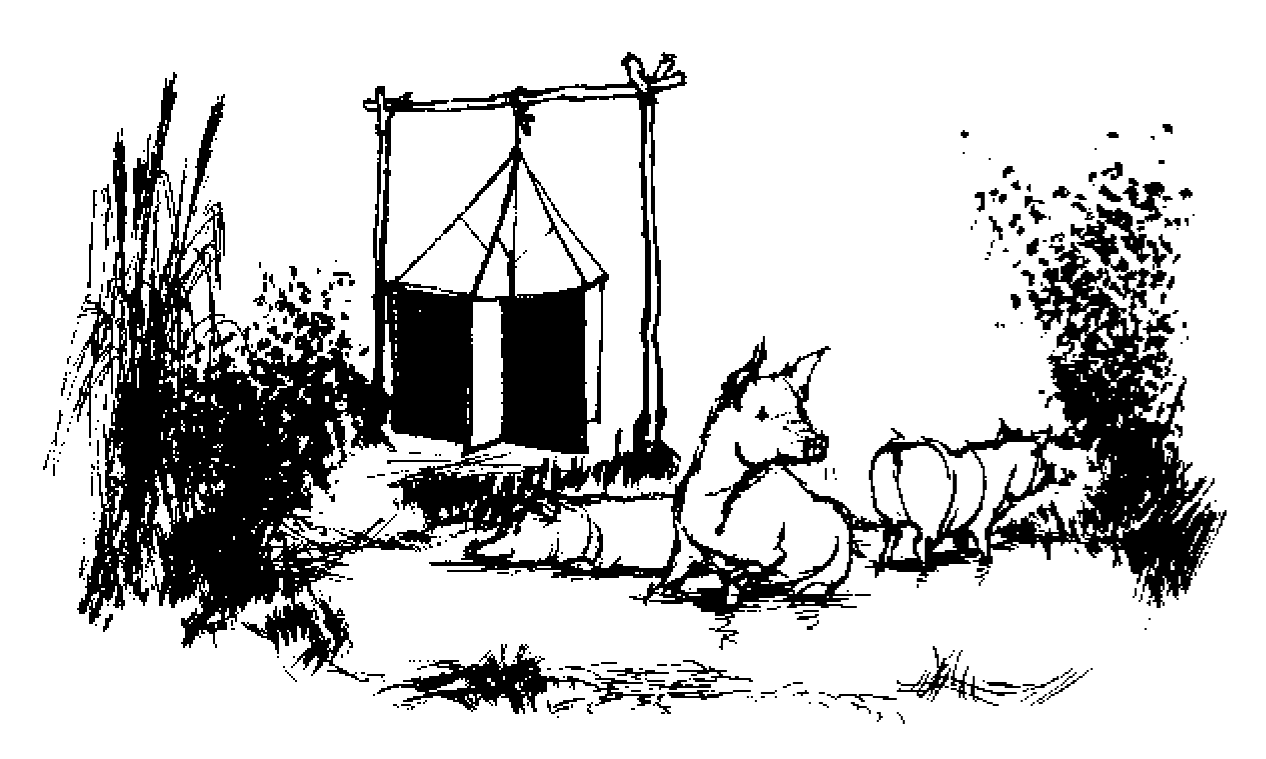


Fig. 2.16 Les tsé-tsé sont attirées par les animaux domestiques et peuvent être capturées à l'aide d'un dispositif installé dans l'enclos des animaux.



Fig. 2.17 Des écrans doivent être installés tous les 200 m le long des pistes forestières.



Fig. 2.18 Les personnes travaillant dans les jardins et sur les plantations peuvent être protégées par l'installation de pièges ou d'écrans à la lisière de la forêt et le long des sentiers à l'intérieur des plantations.



Fig. 2.19 Les glossines s'attaquent souvent à l'Homme à proximité des points d'eau qui sont entourés d'une végétation dense.

Entretien

Il importe de débroussailler la zone entourant les pièges ou les écrans de façon à dégager ces derniers de la végétation et à les rendre bien visibles pour les glossines (Fig. 2.20). Si la végétation a une croissance rapide, le débroussaillage doit être recommencé fréquemment. Il faut remplacer les pièges ou les écrans qui ont disparu et réparer ceux qui sont endommagés ou déchirés.

Réimprégnation

Après l'imprégnation initiale, il faut réimprégner les écrans tous les 3 à 4 mois environ. Comme les pièges gardent leur efficacité même quand l'insecticide a épuisé son effet, la réimprégnation n'est pas toujours nécessaire. Les pièges durent fréquemment 6 à 10 mois. Les écrans peuvent durer jusqu'à deux ans et sont réimprégnés plusieurs fois avant de devoir être remplacés. Il faut remplacer les pièges anciens par des pièges neufs récemment imprégnés au bout d'une durée de l'ordre de huit mois. Dans les régions où le problème des glossines a un caractère saisonnier, l'installation ou la réimprégnation des pièges ou écrans doit se faire en début de saison.

Montage

Eléments nécessaires (*8*)

Tissu bleu

Il est recommandé d'utiliser du tissu bleu contenant 33% de coton et 67% de polyester et pesant environ 200 g/m^2. Ce tissu est très résistant à l'usure. N'importe quelle nuance de bleu peut faire l'affaire, mais on obtient les meilleurs résultats avec le bleu électrique et le bleu roi. Une autre solution, meilleur marché mais sans doute moins efficace, consiste dans l'utilisation de feuilles de plastique de la même couleur.



Fig. 2.20 La végétation doit être éliminée tout autour du piège de façon à le rendre bien visible pour les glossines.

Tissu noir

Pour l'application d'un insecticide, le meilleur type de tissu noir est du nylon pur pesant environ 44 g/m^2.

Tulle pour moustiquaire

Le tulle utilisé dans les pièges doit être de bonne qualité, car il soutient l'ensemble de la structure. Les produits synthétiques sont généralement plus solides et coûtent moins cher que le coton, outre qu'ils sont plus faciles à imprégner. Le meilleur produit est le nylon non mélangé d'une densité d'environ 30 g/m^2 qui résiste mieux au soleil que le polyester pur. Un autre tissu résistant et facile à se procurer sur les marchés locaux est celui dont on se sert pour faire les poches de pantalon.

Sac *de capture*

Les sacs de capture sont fabriqués en tulle pour moustiquaire.

Le piège pyramidal (Fig. 2.21)[1]

- Découper deux morceaux de matériau bleu et deux morceaux de matériau noir aux dimensions indiquées sur la Figure 2.21 (a).

- Découper quatre bandes de tissu de 60 cm × 5 cm (b).

- Coudre les quatre bandes sur les quatre morceaux de matériau bleu ou noir conformément aux indications de la figure. Replier la partie qui dépasse sur 6 cm et la coudre de façon à obtenir une poche dont l'ouverture soit dirigée vers le milieu du morceau de matériau (c).

- Placer les morceaux l'un sur l'autre en faisant alterner le noir et le bleu. Coudre les morceaux ensemble à 3 cm du bord opposé aux poches (d).

- Découper le tulle en un seul morceau aux dimensions indiquées sur la Figure 2.21 (e), et y marquer les points A, B, C et D (repérés par un astérisque * sur le dessin).

- Faire une couture de 2 cm au bord inférieur de la pyramide en cousant le côté TV sur le côté TU (f). Attacher au sommet de la pyramide une bande de tissu ou une ficelle de 1-2 m de long (qui permette de fixer le piège à un support sur le terrain).

- Découper quatre morceaux de tulle aux dimensions indiquées sur la Figure 2.21 (g).

- Coudre ensemble les quatre morceaux le long des lignes BE et DF. Fixer une bande étroite de tissu ou une ficelle près de l'ouverture EF (h). Cette bande servira plus tard à fermer le sac.

- Attacher le sac de capture à la pyramide de tulle. Coudre le sac après avoir placé les côtés AB et CD sur les lignes correspondantes (Fig. 2.21 (e)) de la pyramide. S'assurer qu'une ouverture est ménagée entre A et C (Fig. 2.21 (i)). (Elle permettra aux glossines d'entrer à l'intérieur du piège.)

- Attacher la pyramide aux morceaux de matériau bleu ou noir (j). Plier la pyramide avant de la poser sur les quatre morceaux de tissu, comme il est indiqué sur la figure (k). Coudre le tulle avec les morceaux de tissu le long des lignes OP.

- On donnera au piège sa forme définitive sur le terrain, après l'avoir accroché à un support convenable. Les quatre côtés sont tendus entre deux lattes ou baguettes souples, d'environ 120 cm de long, qui sont introduites dans les quatre poches des

morceaux de matériau bleu ou noir (1). Les deux baguettes se coupent à angle droit et assurent chacune le déploiement de deux morceaux de la même couleur. Pour pouvoir introduire une baguette dans la seconde poche, il faut percer un trou dans l'un des morceaux, perpendiculairement.

[1] D'après un modèle utilisé en 1989 en Ouganda par J. Lancien.

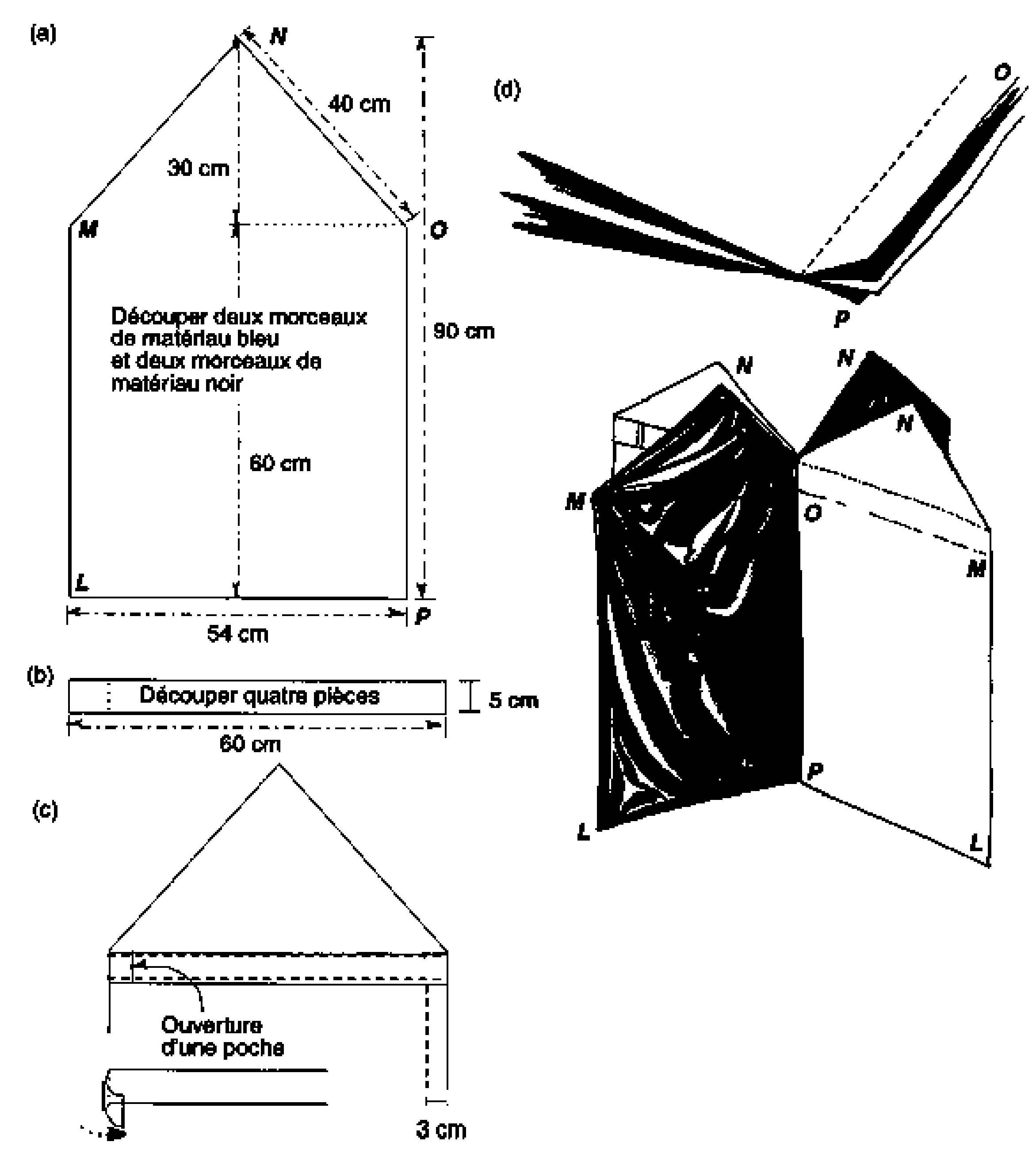
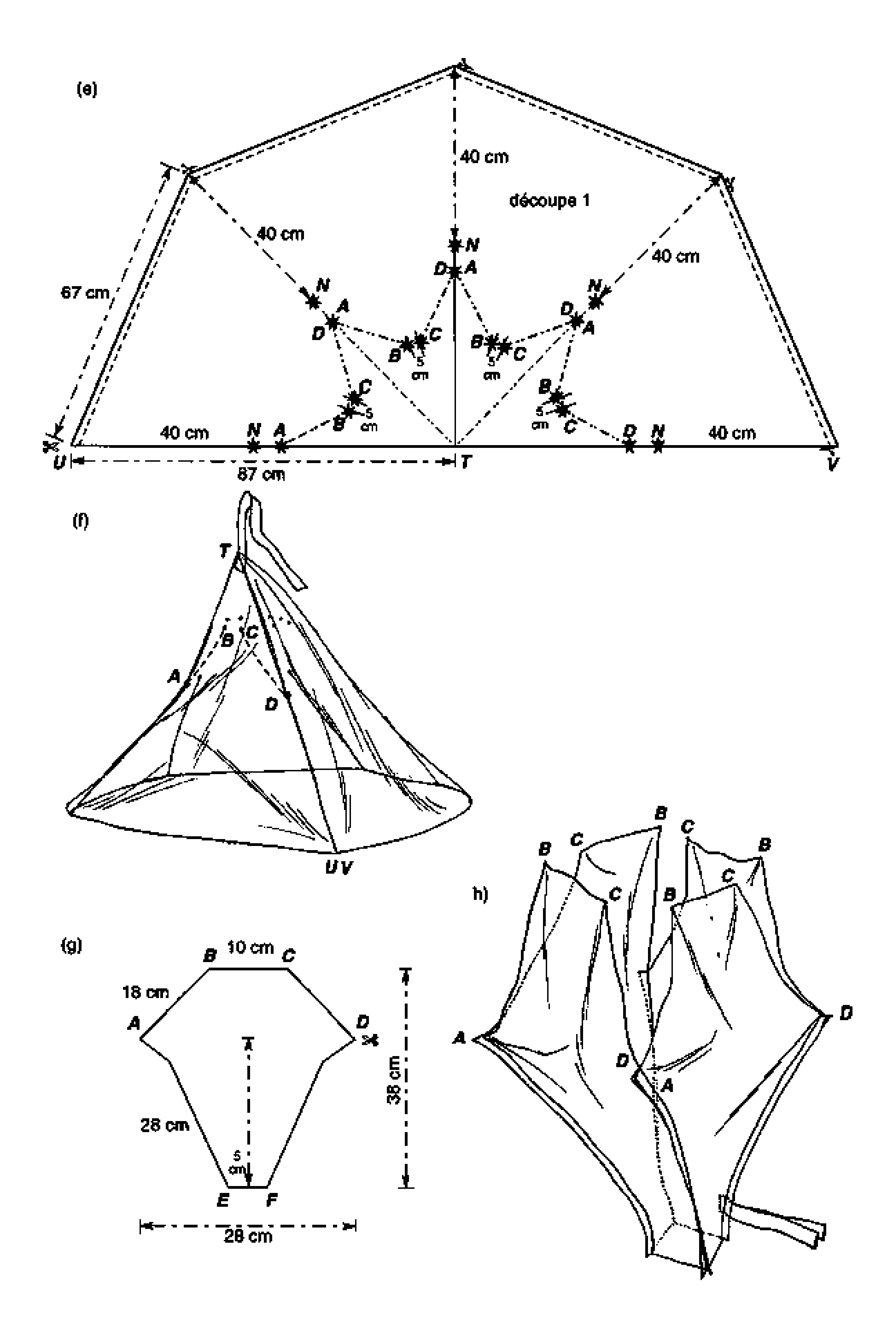


Fig. 2.21 (a, b, c, d) Montage d'un piège pyramidal.



(e)
40 cm
découpe 1
40 cm
40 cm
67 cm
N
D A
N
A
D
C
B
5 cm
B
C
5 cm
N
D
A
C
B
B
5 cm
C
40 cm
N
A
D
N
40 cm
U
T
V
87 cm
(f)
T
B
C
A
D
U V
(g)
B
10 cm
C
18 cm
A
D
28 cm
5 cm
E
F
28 cm
38 cm
h)
B
C
B
C
B
B
C
C
A
D
D
A

Fig. 2.21 (e, f, g, h) Montage d'un piège pyramidal.

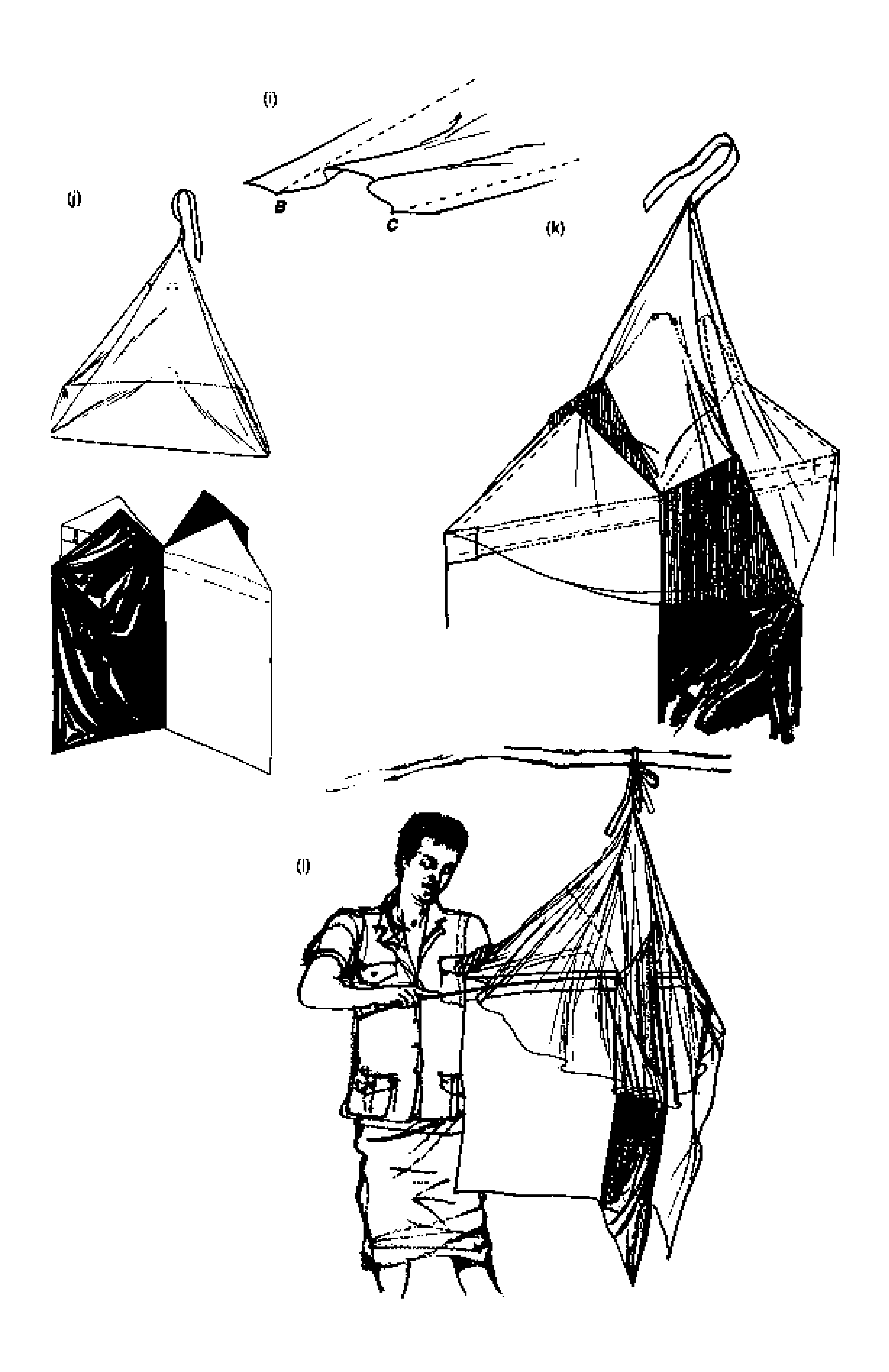

(i)
B
C
(j)
(k)
(l)

Fig. 2.21 (i, j, k, l) Montage d'un piège pyramidal.

Le piège Vavoua (Fig. 2.22)[1]

• Découper trois morceaux de matériau noir et trois morceaux de matériau bleu aux dimensions indiquées sur la Figure 2.22 (a), et marquer les points A, B, C et D sur les morceaux noirs.

• Disposer deux morceaux noirs l'un sur l'autre et coudre le long de la ligne AB.

• Replier le morceau supérieur le long de AB et poser le troisième morceau par-dessus. Coudre le long de CD.

• Coudre ensemble les morceaux 2 et 3 le long de CD sur le morceau 2 et le long de AB sur le morceau 3 (b).

• Coudre les trois morceaux bleus avec les trois morceaux noirs, conformément aux indications de la Figure 2.22 (c). Prévoir une couture de 1 cm. Faire une couture au bord inférieur de chacun des trois éléments bleu-noir.

• Découper trois morceaux de tulle pour moustiquaire aux dimensions indiquées sur la Figure 2.22 (d). Les assembler en forme de cône, et coudre celui-ci aux éléments bleu-noir en suivant les lignes EF sur le cône et les lignes GH sur le matériau bleu (e).

• Prendre un morceau de fil métallique de 250 cm de long, le cintrer de façon à obtenir un cerceau de 80 cm de diamètre et fixer ensemble les deux extrémités par épissage ou soudage. Replier le bord inférieur du cône de tulle autour du cerceau métallique, maintenir en place au moyen d'aiguilles et faire un ourlet tout le long du cerceau (e).

• Pour installer le piège sur le terrain, introduire une baguette métallique de 1 cm de diamètre et 150 cm de long dans la partie tubulaire ménagée au milieu des écrans noirs. Placer un tampon de coton au sommet du cône pour éviter qu'il ne soit percé par la baguette métallique (e).

[1] D'après un modèle utilisé en Côte d'Ivoire par le Dr C. Laveissière.

L'écran (Fig. 2.23)[1]

• Eléments nécessaires (voir Fig. 2.23 (a)):
- une barre de fer de 150 cm de long et 1 cm de diamètre;
- une barre de fer de 85 cm de long et, de préférence, 0,8 cm de diamètre;
- un morceau de tissu bleu de 110 cm × 50 cm;
- deux morceaux de tissu noir de 110 cm × 17,5 cm;
- deux morceaux de tissu de 25 cm × 2 cm.

• Souder ensemble les deux barres à une extrémité, sur une longueur de 2 cm, conformément aux indications de la Figure 2.23 (b). Recourber la barre courte de façon à l'amener perpendiculairement à la barre longue. Affûter l'autre extrémité de la barre longue pour qu'elle soit plus facile à planter dans le sol.

• Coudre les deux morceaux de tissu noir avec le tissu bleu, des deux côtés (b). Compte tenu des coutures, la largeur de l'ensemble est de 83 cm.

• Ourler sur 3 cm le bord supérieur du tissu (b).

• Plier des rubans en deux et les coudre vers le sommet et vers le bas du côté le plus long de l'écran (b).

• Procéder à l'installation sur le terrain en enfonçant solidement la barre la plus longue dans le sol (c) avant d'enfiler l'écran sur la barre courte (d) et de le fixer solidement à la barre verticale au moyen des rubans (e).

[1] D'après un modèle utilisé en Côte d'Ivoire par le Dr C. Laveissière.

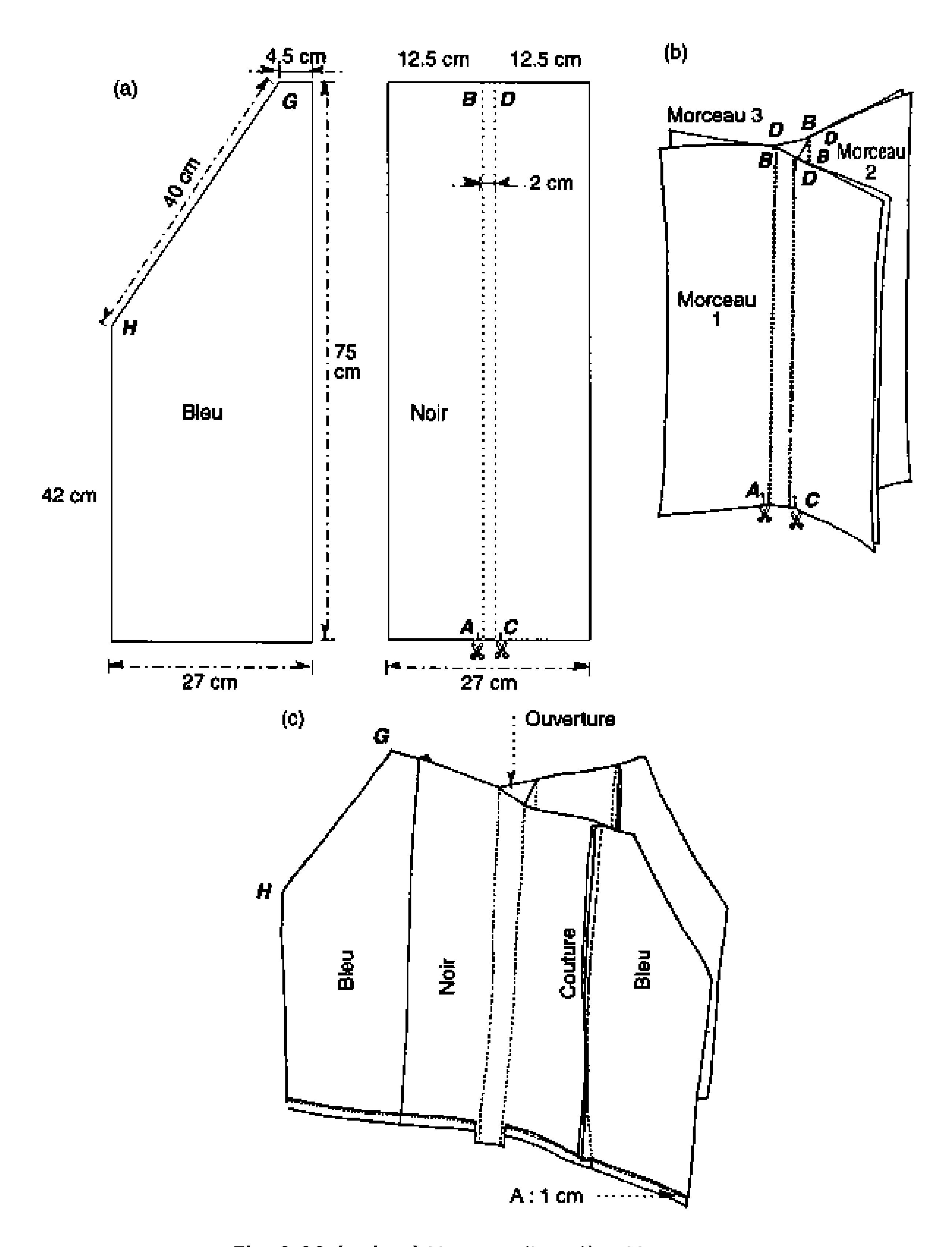


Fig. 2.22 (a, b, c) Montage d'un piège Vavoua.

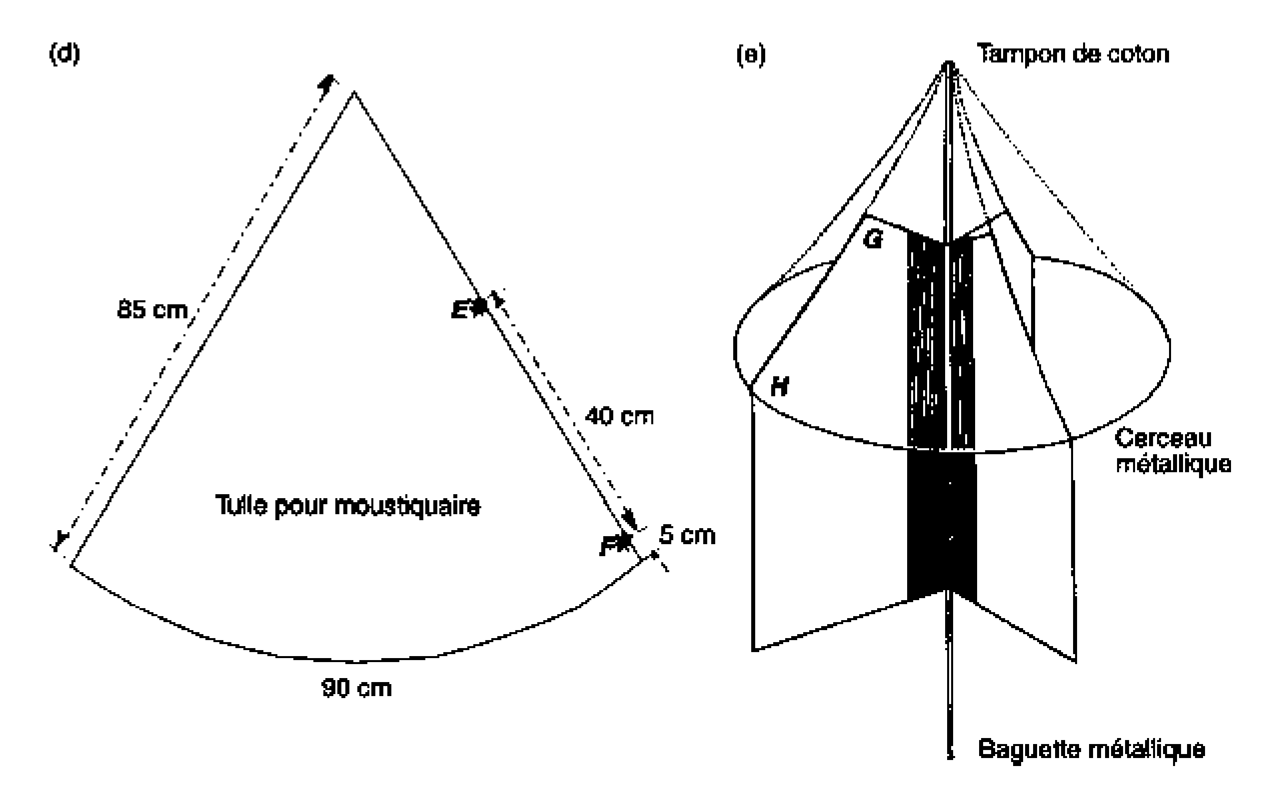


Fig. 2.22 (d, e) Montage d'un piège Vavoua.

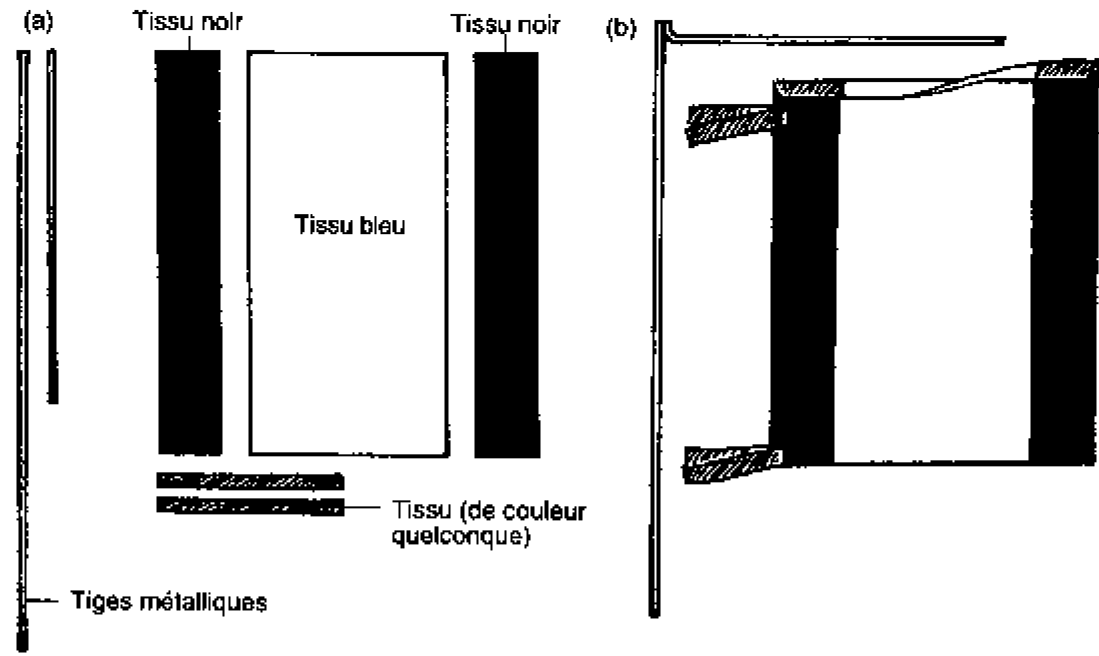


Fig. 2.23 (a, b) Montage d'un écran.

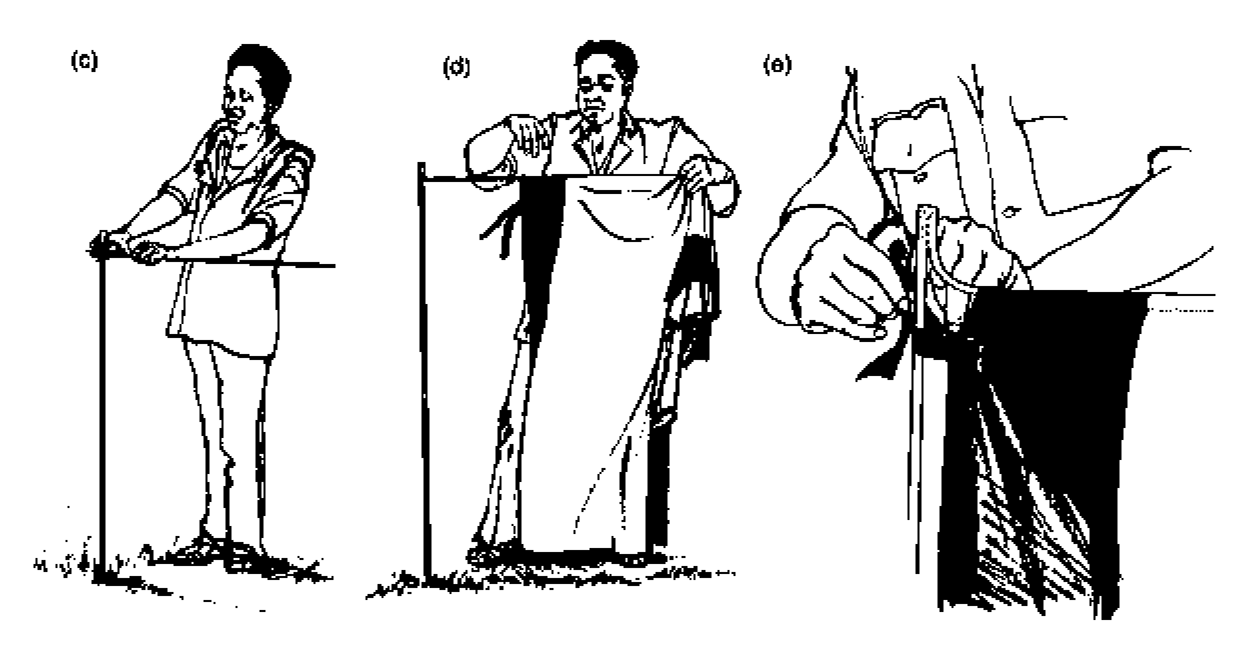


Fig. 2.23 (c, d, e) Montage d'un écran.

Imprégnation

Insecticides

Les insecticides qui conviennent le mieux pour l'imprégnation d'un piège ou d'un écran sont les pyréthrinoïdes, spécialement la deltaméthrine, l'alphacyperméthrine, la lambdacyhalothrine, la cyfluthrine et la bétacyfluthrine. Ces produits ont le double avantage d'avoir un effet rémanent prolongé et de tuer rapidement les glossines même après un contact bref. D'autres insecticides comme le DDT mettent trop longtemps à tuer les glossines, de sorte qu'ils exigeraient des doses nettement plus élevées.

Les insecticides se décomposent sous l'action du soleil, de la pluie et du vent. En général, l'effet rémanent augmente avec la dose initiale. La rémanence dépend par ailleurs de la nature du tissu utilisé. Avec la deltaméthrine à raison de 200 mg/m^2 ou l'alphacyperméthrine à raison de 380 mg/m^2, l'imprégnation reste efficace pendant trois mois sur un mélange de coton et de polyester et jusqu'à six mois sur un tissu en nylon. Il existe diverses formulations de pyréthrinoïdes, mais c'est avec les concentrés solubles et les concentrés émulsionnables qu'on obtient les meilleurs résultats.

Mode opératoire

Pour imprégner d'insecticide un écran ou un piège conformément à une dose précise, il faut disposer des renseignements suivants:

- superficie approximative du piège ou de l'écran en m^2 (*a*);
- quantité d'eau nécessaire pour saturer le piège ou l'écran (*b*);
- concentration à obtenir pour l'insecticide (en grammes par m^2) dans le matériau constitutif du piège ou de l'écran (c);
- quantité de matière active par litre d'insecticide concentré (g/litre) (*d*).

Le volume, en litres, de concentré émulsionnable nécessaire pour imprégner l’écran ou le piège est donné par la formule:

$$(a \times c)/d$$

Mélanger le concentré avec la quantité d’eau *b* (Fig. 2.24). Verser le mélange dans un seau ou tout autre récipient suffisamment grand pour qu’on puisse y plonger le piège ou l’écran. Plonger le piège ou l’écran dans la solution et presser jusqu’à ce qu’il soit complètement imbibé et absorbe toute la solution (Fig. 2.25). Le piège ou l’écran ainsi imbibé est ensuite mis à sécher sur l’herbe ou sur une feuille de plastique (Fig. 2.26). Pendant toute l’opération, il faut porter des gants pour se protéger de l’insecticide.



Fig. 2.24 Le volume d’insecticide émulsionnable est mesuré avec une éprouvette graduée.

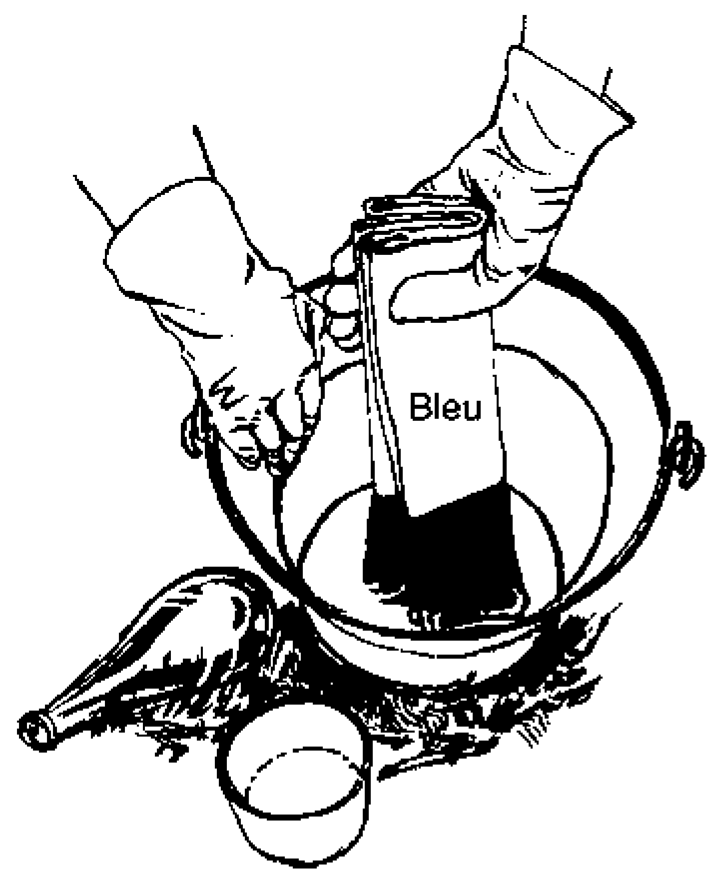


Fig. 2.25 La partie noire de l'écran est immergée dans l'insecticide dilué.



Fig. 2.26 Une fois imprégné, l'écran ou le piège est mis à sécher sur l'herbe ou sur une feuille de plastique.

Distribution d'insecticides à la collectivité

Dans les programmes de lutte anti-glossines de grande ampleur qui font appel à la participation communautaire, on peut procéder comme suit pour distribuer l'insecticide aux particuliers:

- Noter, pour chacun d'eux, le nombre de pièges et (ou) d'écrans qu'il devra imprégner. Calculer la quantité d'insecticide concentré nécessaire et la verser dans une bouteille ordinaire, qu'on peut se procurer à bas prix.

- Utiliser une jauge (Fig. 2.27) pour indiquer sur la bouteille le niveau jusqu'auquel il faudra la remplir d'eau pour obtenir la dilution d'insecticide voulue.

Ce système a l'avantage de permettre aux personnes concernées d'emporter l'insecticide chez elles sans être obligées de l'épandre immédiatement. En revanche, une fois le concentré dilué dans l'eau, il doit être utilisé dans les heures qui suivent.

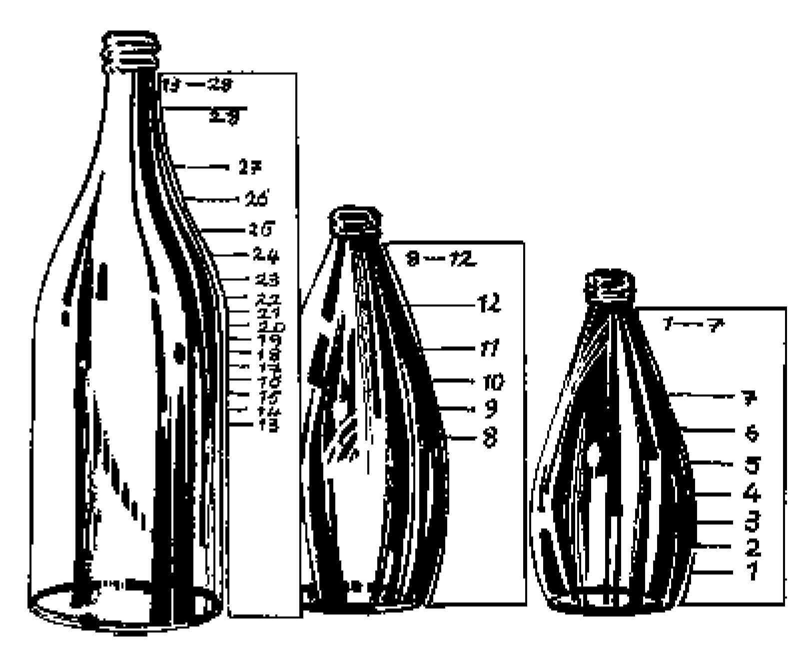


Fig. 2.27 On peut fabriquer des jauges en carton ou en plastique adaptées à quelques types de bouteille courants.



Fig. 2.28 La réimprégnation des pièges peut se faire sur place, par pulvérisation directe d'insecticide.

Quand le matériau bleu et noir constitutif d'un piège est en matière plastique, il faut immerger uniquement la partie supérieure en tulle. On peut plier un écran de façon que seule la partie noire soit immergée.

Pulvérisation

Dans les programmes anti-glossines de grande ampleur, mieux vaut sans doute procéder à la réimprégnation des pièges sur place, par pulvérisation (Fig. 2.28). Des pulvérisateurs manuels à pression préalable font l'affaire.

Pulvérisations d'insecticide

Au cours d'une poussée épidémique de trypanosomiase, la meilleure solution pour détruire les glossines consiste peut-être à épandre un insecticide par pulvérisation, au niveau du sol ou par voie aérienne. La pulvérisation n'est généralement pas recommandée en routine, car elle revient cher et exige un équipement spécial et du personnel bien formé, sans compter qu'elle entraîne la pollution de l'environnement. Néanmoins, lorsque l'urgence de la situation l'exige, des agents de santé spécialisés peuvent organiser des pulvérisations au sol avec la participation de la communauté. Dans certains pays, les exploitants agricoles se servent de pulvérisateurs à dos à

pression préalable pour détruire les nuisibles: ces appareils peuvent facilement être adaptés en vue de leur utilisation dans la lutte contre les glossines.

L'objectif des pulvérisations est d'épandre un insecticide à effet rémanent dans les endroits où les glossines se reposent pendant la journée, par exemple les troncs, les petites branches et les racines des arbres. Il faut que l'insecticide conserve son activité pendant au moins les deux *mois* que dure la nymphose afin que tous les adultes soient tués au stade de l'éclosion imaginale. La pulvérisation de petites doses d'insecticide à effet non rémanent au moyen de bombes aérosols permet de détruire directement les tsé-tsé au repos ou en vol.

Pulvérisations au sol

En principe, les pulvérisations sont limitées aux lieux de repos connus afin de réduire la quantité d'insecticide et l'importance du travail nécessaires. On pulvérise le produit sur le couvert végétal, sur une bande de 10 m de large et depuis le niveau du sol jusqu'à 0,75 m à 4 m de haut, selon l'espèce de glossine en cause et l'emplacement de la zone traitée. Les épandages se font à la saison sèche afin que l'insecticide ne soit pas lessivé par la pluie. Les produits et formulations les plus utilisés sont les poudres mouillables de DDT, de dieldrine et d'endosulfan et, plus récemment, les pyréthrinoïdes de synthèse. Ces derniers ont l'avantage de se dégrader rapidement dans l'environnement et d'être très peu toxiques pour l'homme et les mammifères; appartiennent à cette catégorie la deltaméthrine, l'alphaméthrine, la cyfluthrine, la cyperméthrine et la perméthrine. Le DDT et l'endosulfan, dilués respectivement à 50 g/litre et 30 g/litre, sont pulvérisés sur la végétation jusqu'au point de ruissellement.

Equipement

On peut utiliser des pulvérisateurs à dos à pression préalable (Fig. 2.29), des pulvérisateurs mécaniques portatifs et des pulvérisateurs mécaniques montés sur un tracteur. Les deux premiers types d'appareil sont utilisés à d'autres fins par les agriculteurs de certains pays et peuvent être adaptés à la lutte anti-glossines.

Pour éviter les pertes d'insecticide et de temps, il est recommandé de se renseigner au sujet des doses à utiliser et de l'époque à choisir pour les pulvérisations.

Pulvérisations aériennes

L'utilisation d'hélicoptères ou d'aéronefs à voilure fixe est surtout pratiquée dans le cadre de la lutte contre la trypanosomiase animale. Dans de très rares cas, lors de poussées épidémiques, on s'en est cependant également servi pour combattre la trypanosomiase humaine. Les hélicoptères permettent d'épandre des insecticides à effet rémanent ou des aérosols à effet non rémanent dans des endroits bien déterminés. De petits aéronefs sont également utilisés pour la pulvérisation périodique d'aérosols.

Comme il faut que les particules d'insecticide soient entraînées vers le bas, on s'abstiendra en règle générale d'effectuer les pulvérisations de 9 heures à 17 heures, période de la journée marquée par des ascendances. C'est uniquement en début de matinée ou en fin d'après-midi que les conditions atmosphériques conviennent pour une pulvérisation aérienne. Ce mode d'épandage est également à exclure sur une forêt dense qui empêche l'insecticide de parvenir jusqu'aux niveaux inférieurs.

Les pulvérisations aériennes sont plus rapides à effectuer que les pulvérisations au sol, mais elles ont le grave inconvénient d'être onéreuses et de nécessiter un équipement spécialisé; en outre, les épandages d'aérosols à effet non rémanent doivent être renouvelés cinq fois, à intervalle d'une dizaine de jours. Cette méthode de lutte doit donc être réservée aux situations d'urgence.



Fig. 2.29 Pulvérisation d'un insecticide à effet rémanent sur la végétation, au niveau des lieux de repos et des gîtes larvaires de glossines, au moyen d'un pulvérisateur manuel à pression préalable.

Bibliographie

1. Green CH. The effect of colour on trap- and screen-orientated responses in *Glossina palpalis palpalis* (Robineau-Desvoidy) (*Diptera: Glossinidae*)*. Bulletin of entomological research,* 1988, 78: 591-604.

2. Green CH. The use of two-coloured screens for catching *Glossina palpalis* Robineau-Desvoidy (*Diptera: Glossinidae*)*. Bulletin of entomological research,* 1989, 79: 81-93.

3. Challier A, Laveissière C. Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina: Diptera, Muscidae*)*:* description et essais sur le terrain. *Cahiers d'ORSTOM, Entomologie médicale et parasitologie,* 1973, 11: 251-262.

4. Laveissière C, Grebaut P. Recherches sur les pièges à glossine (*Diptera: Glossinidae*). Mise au point d'un modèle économique: le piège 'Vavoua'. *Tropical medicine and parasitology,* 1990, 41: 185-192.

5. Lancien J, Gouteux JP. Le piège pyramidal à mouche tsé-tsé (*Diptera: Glossinidae*). *Afrique médicale,* 1987, 258: 647-652.

6. Laveissière C, Couret D, Grebaut P. Recherche sur les écrans pour la lutte contre les glossines en région forestière de Côte d'Ivoire. Mise au point d'un nouvel écran. *Cahiers d'ORSTOM, Entomologie médicale et parasitologie,* 1987, 25: 145-164.

7. *La trypanosomiase africaine: épidémiologie et lutte. Rapport d'un comité d'experts de l'OMS.* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1986 (OMS, Série de Rapports techniques, N° 739).

8. Laveissière C, Couret D, Manno A. Importance de la nature des tissus dans la lutte par piégeage contre les glossines. *Cahiers d'ORSTOM, Entomologie médicale et parasitologie,* 1987, 25:133-144.

Chapitre 3. Réduves ou triatomes

Les vecteurs de la maladie de Chagas

Les réduves ou triatomes sont de gros insectes hématophages (sorte de punaises volantes) qu'on trouve principalement en Amérique latine et dans le sud des Etats-Unis d'Amérique. Un certain nombre d'espèces sont adaptées à une vie péri- et intradomiciliaire et jouent un rôle important dans la transmission à l'Homme de *Trypanosoma cruzi,* le parasite responsable de la maladie de Chagas (également appelée trypanosomiase américaine). Cette parasitose qui sévit dans la plupart des pays d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud est incurable et détermine, à la phase chronique, une viscéropathie chagasique et une atteinte myocardique. Certains patients succombent finalement à une défaillance cardiaque. On peut cependant interrompre réellement la transmission en détruisant les réduves à l'intérieur et autour des habitations, là où ils ont leurs lieux de repos.

Biologie

Malgré la diversité des espèces rencontrées d'un pays à l'autre, tous les réduves ont un aspect similaire et le même cycle biologique et sont faciles à distinguer des autres insectes (Fig. 3.1). En Amérique latine, les réduves sont connus localement sous toute une série de noms, dont barbeiros, vinchucas, pitos et chinches.

Cycle de développement

La durée totale du cycle de développement des réduves, de l'œuf à l'imago, varie de 4 à 24 mois selon les espèces et les conditions environnementales (Fig. 3.2). Les espèces vectrices les plus importantes ont généralement un ou deux cycles annuels. L'adulte diffère des stades immatures (nymphes) par la présence d'ailes et de genitalia pleinement développés. Les formes adultes et immatures occupent les mêmes biotopes et ont des habitudes trophiques similaires.

Comportement

Dans les Amériques, on trouve des réduves aussi bien en région forestière qu'en région sèche. Les formes adultes et immatures vivent dans les terriers et les nids d'animaux

sauvages - oiseaux, chauves-souris, écureuils, opossums et tatous - qu'ils piquent pour se nourrir de sang pendant la *nuit,* lorsque les animaux sont endormis. Un certain nombre d'espèces sont adaptées à une vie intradomiciliaire et péridomiciliaire et prennent leurs repas de sang sur l'Homme et les animaux domestiques poulets, bovins, chèvres, chats et chiens. La durée d'un repas varie entre 10 et 25 minutes.

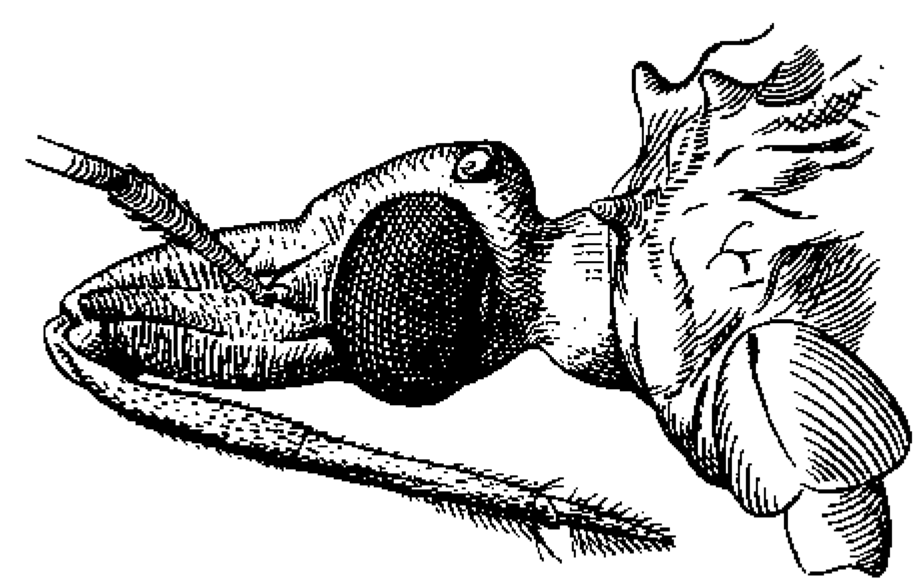


Fig. 3.1 Gros plan de la tête d'un réduve, montrant la trompe (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

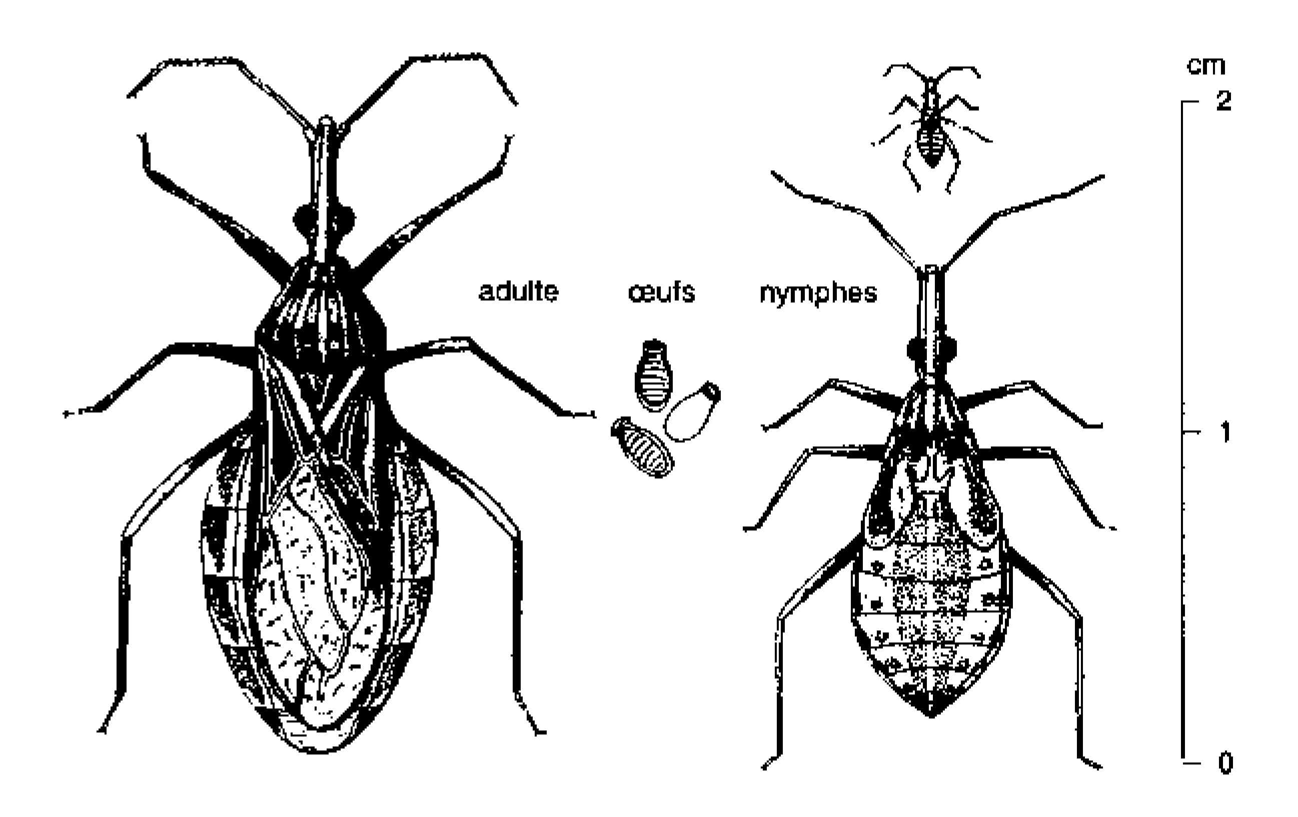


Fig. 3.2 Cycle de développement du réduve (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

Lieux de repos habituels

Les réduves responsables de la transmission de la maladie de Chagas se reposent le jour dans des anfractuosités abritées de la lumière, à proximité de leur source de sang.

Lieux de repos intradomiciliaires

Pendant la journée, les réduves préfèrent se cacher dans des anfractuosités mal éclairées qui abondent dans les murs en pisé ou en adobe non crépis. Ils trouvent d'autres cachettes derrière les tableaux, dans les meubles, les coffres et les vêtements accrochés à une patère murale ou encore dans les lits (Fig. 3.3 et 3.4). *Rhodnius prolixus,* vecteur important que l'on trouve en Colombie, au Venezuela et en Amérique centrale, se cache fréquemment dans les toits de chaume. *Triatoma infestons,* qui est l'espèce vectrice la plus importante en Amérique du *Sud,* affectionne pour se cacher la charpente des toits et le sol (Fig. 3.5). Enfin, une espèce vectrice en Amérique centrale, *Triatoma dimidiata,* se cache aussi dans les fissures du sol à l'intérieur du logement.

Lieux de repos péridomiciliaires

Certains réduves trouvent des lieux de repos qui leur conviennent dans le voisinage immédiate ce qui leur permet d'entrer commodément à l'intérieur des habitations pour prendre leurs repas de sang. Ils se cachent dans des empilements d'objets les plus divers, par exemple des tas de bois de feu, de bois d'oeuvre, de tuiles, de pierres et des piles de sacs de produits alimentaires. On trouve également des réduves au repos dans les abris pour animaux, par exemple les poulaillers et les enclos à chèvres.

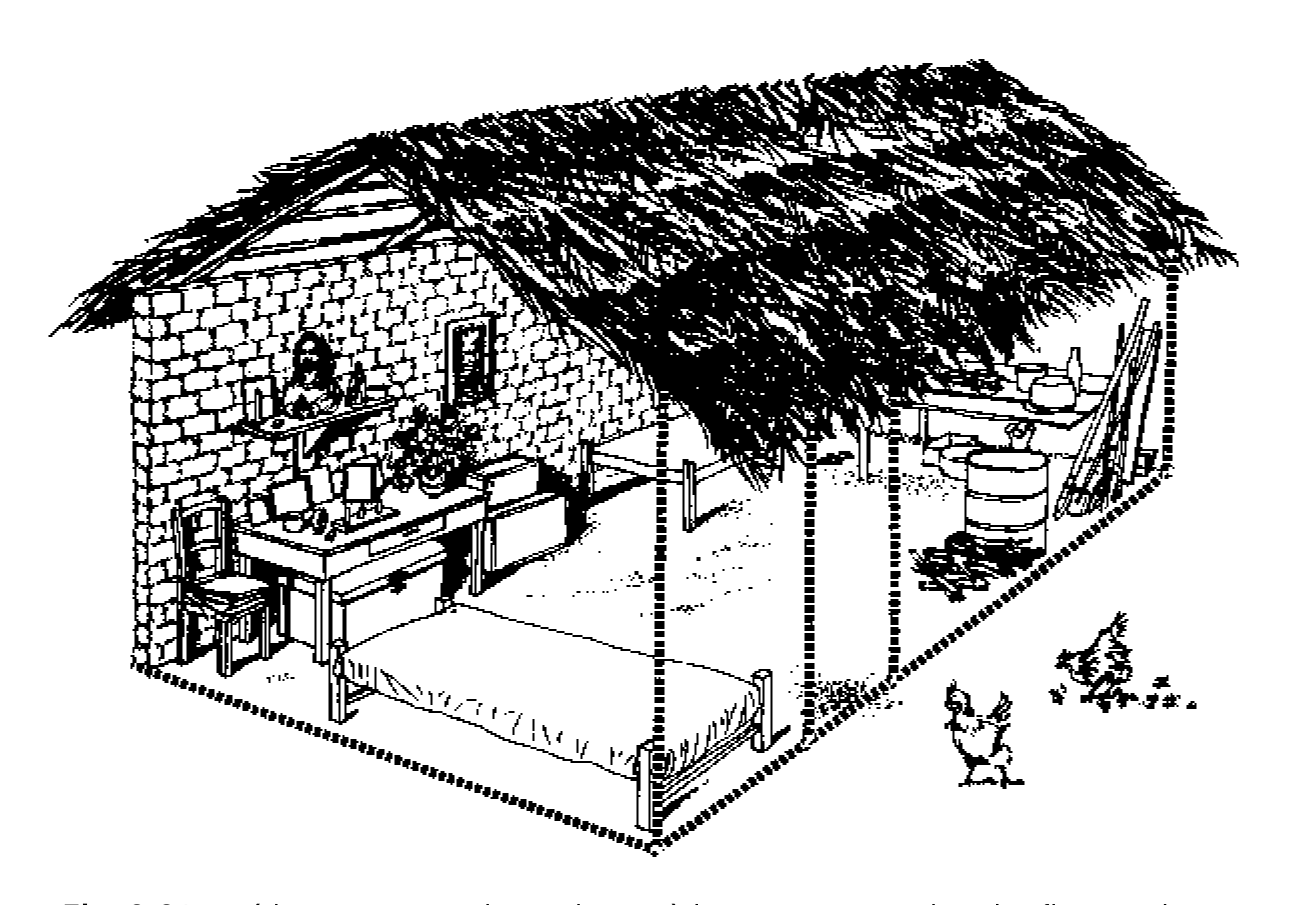


Fig. 3.3 Les réduves trouvent des cachettes à leur convenance dans les fissures des murs en adobe et dans les endroits sombres, par exemple entre plusieurs coffres, ou entre les bûches d'un tas de bois, etc., ainsi que derrière les tableaux, dans les lits et dans les toits de chaume.

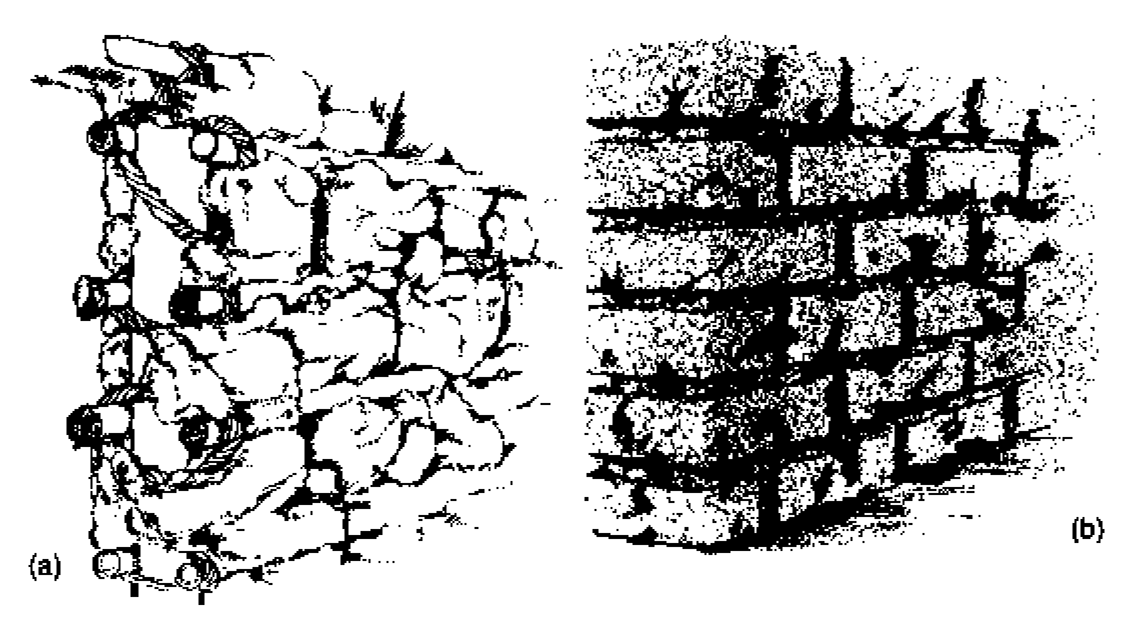


Fig. 3.4 Les lieux de repos les plus importants sont constitués par a) les anfractuosités profondes des murs en clayonnage garni de terre et b) des murs en adobe.

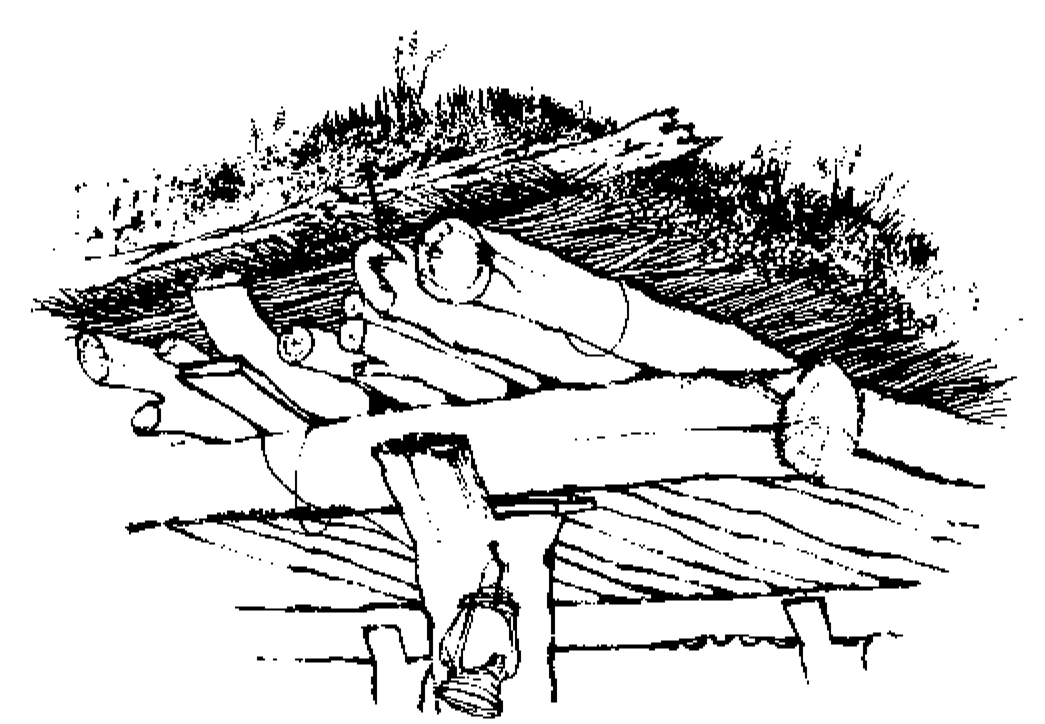


Fig. 3.5 Les toits constitués d'une charpente recouverte de terre sont des lieux de repos importants pour *Triatoma infestans* en Argentine et en Bolivie.

Importance pour la santé publique

Nuisance

Les piqûres de réduve sont en général relativement indolores si bien que, le plus souvent, elles n'éveillent pas la victime. Dans certains *cas,* la piqûre se manifeste ultérieurement par un prurit intense et d'autres troubles cutanés. En présence de populations de réduves importantes, on peut observer des anémies chroniques imputables à la spoliation sanguine résultant de piqûres fréquentes (*1, 2*).

Maladie de Chagas

La trypanosomiase américaine ou maladie de Chagas est provoquée par un protozoaire parasite, *Trypanosoma cruzi,* qui est transmis à l'Homme par les réduves. Elle est associée à la pauvreté dans les zones rurales d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud où l'on estime à 16 à 18 millions le nombre de personnes parasitées, dont plus de 6 millions sont appelées à développer la maladie clinique (Fig. 3.6) (*3*).

Transmission

Les réduves ingèrent les parasites pendant qu'ils prennent leur repas de sang sur un animal ou personne contaminés. Une fois infestés, les réduves redéposent des parasites avec leurs déjections sur la peau d'une autre personne pendant un nouveau repas ou peu de temps après. En se grattant ou se frottante la victime facilite la pénétration des parasites au niveau de la piqûre ou de l'excoriation. Transportés par les doigts, les parasites peuvent aussi utiliser comme portes d'entrée la conjonctive et

les muqueuses nasale ou buccale et pénétrer finalement dans le courant sanguin. La peau intacte oppose un obstacle infranchissable au parasite (Fig. 3.7).



Fig. 3.6 Distribution géographique de la maladie de Chagas dans les Amériques (© OMS).

WHO 96190

La transmission du parasite peut se faire entre des réservoirs d'animaux sauvages et les réduves, sans implication de l'Homme. Ce dernier peut s'infecter lorsqu'il pénètre dans un milieu naturel où se trouvent des animaux sauvages et des vecteurs contaminés. Si l'Homme s'installe dans ce type de milieu - après l'abattage ou l'expulsion des animaux réservoirs -, les réduves peuvent transmettre le parasite aux animaux domestiques et aux humains avec une fréquence accrue. La construction d'habitations et d'abris pour animaux offre aux insectes de nouveaux lieux de repos et de nouvelles cachettes.

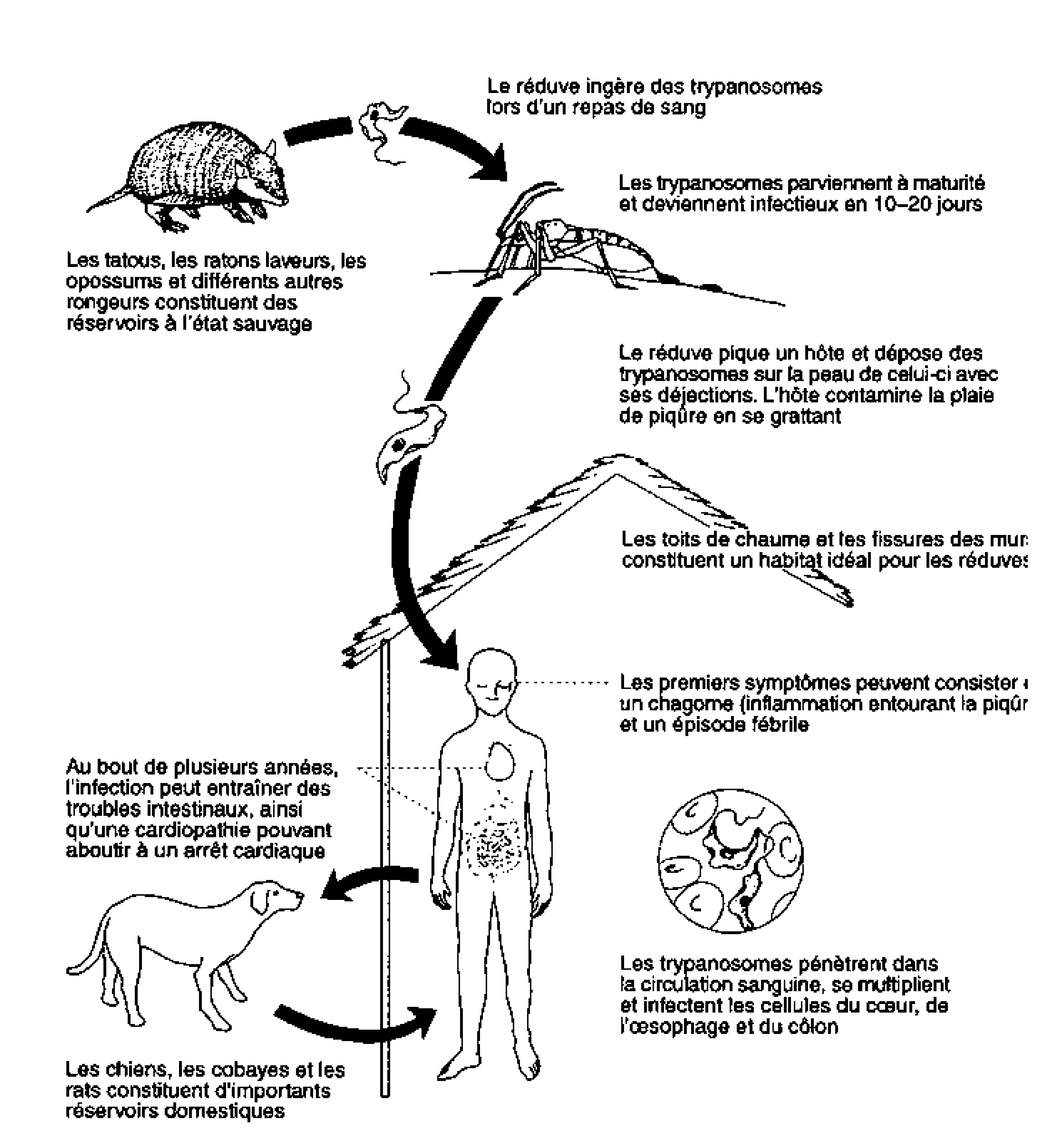


Fig. 3.7 Cycle biologique de *Trypanosoma cruzi* (selon Taina Litwak, United States Agency for International Development's VBC Project).

La transmission peut également se faire entre la future mère et l'enfant qu'elle porte et lors d'une transfusion de sang contaminé. C'est un problème qui prend de l'importance dans certaines agglomérations urbaines.

Clinique

On observe souvent une réaction locale limitée au point d'entrée du parasite dans l'organisme. Si ce point est proche de l'œil, on peut observer un œdème palpébral marquée connu sous le nom de signe de Romaña (Fig. 3.8); il intéresserait environ 50% des sujets infectés. Dans un délai de quelques jours, on observe parfois un épisode fébrile, accompagné d'adénopathies, qui peut être mortel chez l'enfant mais, le plus souvent, n'engage pas le pronostic vital.

La phase suivante est asymptomatique et peut durer plusieurs mois, voire plusieurs années. Cependant, l'atteinte progressive des organes, dont la plupart sont envahis par le parasite, finit par déterminer des symptômes chroniques, notamment des cardiopathies et viscéropathies irréversibles. On estime à 27% le nombre de sujets infectés qui font un problème cardiaque susceptible de provoquer une mort subite, à 6% le nombre d'anomalies de l'appareil digestif et à 3% les lésions nerveuses centrales et périphériques.



Fig. 3.8 L'œdème palpébral, connu sous le nom de signe de Romaña, constitue un symptôme précoce caractéristique de la maladie de Chagas.

Prévention et lutte

Il n'existe pas de médicaments satisfaisants pour le traitement de la maladie de Chagas en phase chronique. Au stade de l'infection débutante, difficile à diagnostiquer,

le nifurtimox et le benznidazole peuvent être utilisés en dépit de leurs effets secondaires. Pour accélérer le diagnostic, on a mis en place dans les pays d'endémie un réseau de laboratoires qui facilite l'exécution des prélèvements sur le terrain et garantit l'application de critères de diagnostic normalisés.

Il est particulièrement important de se prémunir contre la contamination en détruisant les réduves. Les principales méthodes utilisées à cette fin sont les suivantes:

- pulvérisation d'insecticides sur les murs et les toits des maisons, c'est la méthode qui a la préférence dans la plupart des régions où la maladie de Chagas est endémique;

- amélioration des logements afin d'éliminer, au moins en partie, les endroits pouvant servir de cachettes aux réduves; c'est la méthode qui convient le mieux pour se protéger individuellement et elle est particulièrement importante pour prévenir une réinfestation après la destruction des réduves grâce à la pulvérisation d'insecticides.

Pour exclure le risque de transmission de la maladie de Chagas à l'occasion d'une transfusion, on pratique dans les banques de sang des contrôles spéciaux qui permettent de s'assurer que les donneurs sont indemnes.

Mesures de lutte

Les modalités de la lutte diffèrent selon le taux d'infestation des logements par les réduves et selon l'intensité de la transmission de la maladie de Chagas. Sept pays où cette maladie est endémique; à savoir l'Argentine, la Bolivie, le Brésil, le Chili, le Paraguay, l'Uruguay et le Venezuela ont lancé des programmes de lutte antivectorielle à l'échelle nationale. Ces programmes reposent essentiellement sur la pulvérisation d'insecticides à très bonne persistance d'action sur les murs des habitations et dans les lieux de repos péridomiciliaires des réduves. Des équipes spécialement formées appartenant au service public sont normalement chargées des activités d'épandage, lesquelles se divisent en trois phases: préparatoire, d'attaque et de vigilance. Pendant la phase d'attaque, on procède à la pulvérisation dans toutes les habitations des collectivités où l'on a découvert des logements infestés.

Au Brésil, par exemple, lorsque le nombre de maisons qui se révèlent encore infestées après la pulvérisation ne dépasse pas 5%, la localité est placée en phase de vigilance. Les pulvérisations sont interrompues, mais les occupants sont tenus de signaler eux-mêmes la présence de réduves (voir p. 253). En cas de réinfestation d'une habitation, on y recommence le traitement insecticide, ainsi que dans toutes les maisons voisines.

Cette méthode donne de bons résultats, mais elle revient cher. On s'appuie aujourd'hui davantage sur des méthodes moins coûteuses, sur la décentralisation de la lutte et sur le renforcement de la participation communautaire. Les activités menées en Bolivie, au Brésil et au Venezuela ont apporté la preuve que l'amélioration du logement est également un moyen de lutte efficace (*3*).

Dans le nord de l'Argentine, un programme communautaire fondé sur la distribution massive de pots ou de cartouches fumigènes associée au contrôle du contenu de cartons de surveillance (voir p. 251) a permis d'interrompre la transmission de la maladie de Chagas. Toutefois, il n'est pas certain que la méthode soit transposable ailleurs (*4*).

Lors de la phase de vigilance, les pouvoirs publics cessent pratiquement toute intervention et doivent être relayés par la communauté à laquelle il revient d'améliorer le logement et l'environnement péridomiciliaire, d'assurer la surveillance, de traiter les logements réinfestés et de mettre en œuvre des méthodes simples de protection individuelle, par exemple l'application d'une peinture insecticide et l'utilisation de feuilles imprégnées, de moustiquaires imprégnées et de cartouches ou pots fumigènes.

Un événement récent pourrait modifier sensiblement les modalités de la lutte contre la maladie de Chagas: l'adoption, en 1991, par les Ministres de la Santé de l'Argentine, de la Bolivie, du Brésil, du Chili, du Paraguay et de l'Uruguay, d'une résolution qui préconise, pour éliminer cette maladie, l'association de la lutte antivectorielle et du dépistage des sujets parasités par examen hématologique. On se propose de pulvériser des insecticides dans toutes les habitations des régions connues pour être infestées par *Triatoma infestans.* Une commission intergouvernementale a été nommée avec mission d'une part, de réunir et de gérer des fonds et, d'autre part, de coordonner l'exécution du plan (5).

L'application d'insecticides sur les murs des habitations

En générale les réduves restent longuement en contact avec les murs et les toits des maisons à la surface ou à l'intérieur desquels ils se cachent le jour et sur lesquels ils se déplacent la nuit. C'est dire que le traitement de ces endroits par un insecticide à rémanence prolongée peut détruire la plupart des réduves (Fig. 3.9). En plus des pulvérisations intradomiciliaires, spécialement dans les chambres à coucher, il est souhaitable d'effectuer des pulvérisations péridomiciliaires au niveau des biotopes des réduves. Bien utilisés, les insecticides recommandés sont peu toxiques pour l'homme.

La pulvérisation d'un insecticide exige des compétences particulières et donc une formation spéciale des opérateurs. Les collectivités peuvent envisager d'assurer cette formation à certains de leurs membres. Les agents de santé employés par les organismes médicaux peuvent également y voir l'une de leurs fonctions. Les personnes sans formation doivent s'abstenir d'épandre des insecticides dans leur logement, car elles risqueraient d'obtenir une couverture inégale, de gaspiller des produits et de soumettre les occupants à une exposition excessive. Les insecticides même les moins dangereux ne doivent pas être appliqués à la main ou sans précautions convenables. On trouvera aux Chapitres 9 et 10 des renseignements sur l'équipement et les techniques de pulvérisation et sur la façon de se servir d'insecticides en toute sécurité.

Malheureusement, les matériaux utilisés pour la construction des murs ne conviennent pas tous également à l'application d'insecticides. Les murs les mieux adaptés à cette fin sont ou bien crépis ou bien fabriqués à l'aide d'un matériau non poreux comme le bois de feuillu tropicale le bois peinte les briques crues comprimées ou les briques cuites. En pareil cas, l'insecticide reste en effet à la surface, alors que les matériaux poreux comme le pisé absorbent l'insecticide appliqué en grande partie. En outre, les minéraux qui sont contenus dans le pisé ou dans l'enduit peuvent décomposer rapidement les formulations insecticides classiques. Un insecticide peut rester actif un an ou plus sur un mur en bois d'oeuvre, mais moins de 2 à 3 mois sur un mur d'adobe.



Fig. 3.9 L'application d'insecticides sur les murs et les toits se fait en général par pulvérisation.

Insecticides

Le DDT n'est pas suffisamment efficace contre les réduves. On a utilisé des produits plus coûteux comme la dieldrine, l'hexachlorocyclohexane (HCH) et le propoxur. Leur rémanence sur les murs en pisé ne dépasse généralement pas les trois mois. De nos jours, les insecticides de choix sont principalement des pyréthrinoïdes de synthèse tels que la cyperméthrine, la cyfluthrine, la deltaméthrine, la perméthrine, la lambdacyhalothrine et la fenpropathrine. Bien que ces produits reviennent souvent plus cher que ceux qu'on utilisait autrefois, ils ont l'avantage d'une rémanence généralement très supérieure et s'utilisent à plus faibles doses, d'où finalement une meilleure rentabilité (*6*).

Les poudres mouillables et les suspensions concentrées sont des formulations qui conviennent pour le traitement de surfaces murales poreuses. Leur action persiste plus longtemps que celle des concentrés émulsionnables car, du fait de leur grosseur supérieure, les particules d'insecticide ne pénètrent pas à l'intérieur des murs, mais restent à la surface, au contact des insectes.

Formulations à libération lente (peintures insecticides)

Ces formulations semblent apporter une solution au problème de la dégradation rapide de l'insecticide à la surface des murs en pisé, ainsi qu'à celui de son absorption. Elles comportent une base de latex ou d'acétate de polyvinyle et peuvent être appliquées sur les murs par pulvérisation ou au pinceau (Fig. 3.10 et 3.11).

L’application au pinceau a l’avantage de la simplicité et d’un faible coût par rapport à un traitement insecticide classique, compte tenu de la persistance d’action des produits. Cependant, les murs en pisé sont mal adaptés à l’utilisation d’un pinceau qui érode leur surface, les organismes chargés de la lutte antivectorielle préfèrent appliquer une fine pellicule superficielle de produit par pulvérisation, car cette technique prend moins longtemps et elle est plus efficace.

Récemment, on a spécialement mis au pointa en vue du traitement des surfaces en pisé par pulvérisation, une peinture insecticide qui est efficace contre les réduves (*7, 8*). Cette peinture peut également être étalée au pinceau. Une fois sèche, elle devient transparente et prend la consistance d’une fine pellicule de matière plastique.

Ce produit doit être mélangé à l’eau avant son application.

Composition d’une peinture insecticide

Seuls sont utilisables des insecticides à forte tension de vapeur puisqu’il faut que les particules migrent jusqu’à la surface de la couche de peinture. Le malathion, le propoxur, le pirimiphosméthyl et le fénitrothion conviennent à cet effet. Par exemple, un concentré émulsionnable de malathion à 8,3% ou une poudre mouillable ajoutée à une suspension émulsionnable principalement formée d’acétate de polyvinyle laisse subsister, une fois le produit sec, une mince pellicule contenant environ 13% de la matière active, laquelle migre en permanence vers la surface.

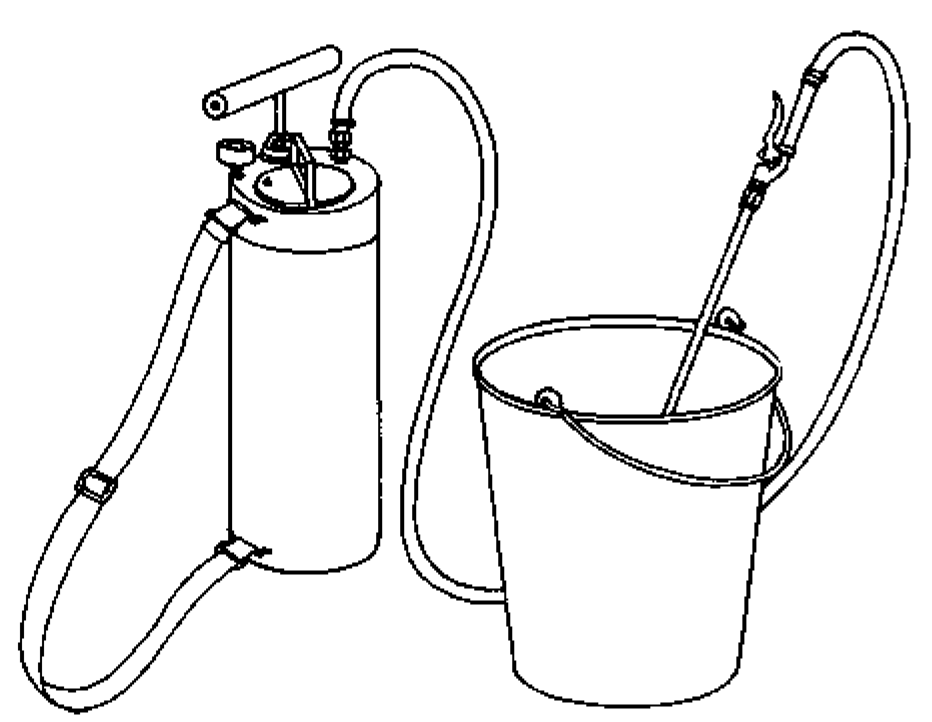


Fig. 3.10 On peut appliquer une peinture insecticide sur les surfaces à traiter par pulvérisation. Il faut retirer le filtre dont est munie la poignée du pulvérisateur pour empêcher la polymérisation du latex. Entre deux applications, le gicleur doit être maintenu immergé dans l’eau, et l’équipement doit être soigneusement nettoyé à l’eau à la fin de chaque séance de pulvérisation.

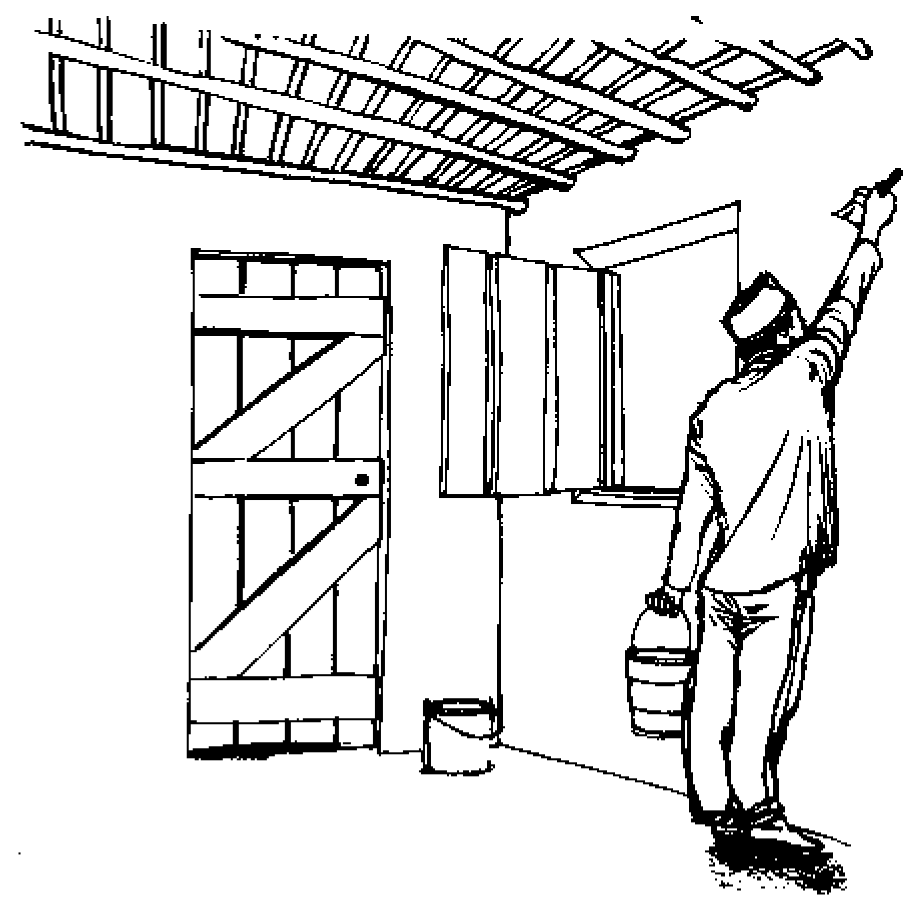


Fig. 3.11 Les peintures insecticides à libération lente peuvent être appliquées au pinceau.

Avantages et inconvénients des peintures insecticides

Avantages

- Les peintures insecticides ont une persistance d'action supérieure à celle des insecticides classiques, et donc une meilleure rentabilité. Une seule application peut durer jusqu'à deux ans alors que les formulations classiques d'insecticides comme les pyréthrinoïdes de synthèse ou l'HCH ne durent pas plus d'un an. Dans une étude réalisée au Brésil, on a estimé à US $29 la dépense nécessaire pour débarrasser une maison des réduves pendant un an, contre $73 avec l'HCH et $31 - 66 avec la plupart des pyréthrinoïdes courants.

- Les peintures sont appréciées des occupants, car elles augmentent la résistance à l'abrasion des murs en pisé.

Inconvénients

- La quantité de formulation à transporter par logement est plus importante et des précautions sont nécessaires pour que le gicleur du pulvérisateur ne se bouche pas à cause de la polymérisation du latex.

Application d’une peinture imprégnée d’insecticide sur la structure en bois d’une maison à clayonnage[a]

Lors de la construction d’une maison à clayonnage, avant de remplir d’argile les interstices de la structure en bois, on peut peindre cette dernière avec une peinture imprégnée d’un insecticide à libération lente (Fig. 3.12). Les fissures venant à se former par la suite constitueront alors pour les réduves des lieux de repos toxiques.

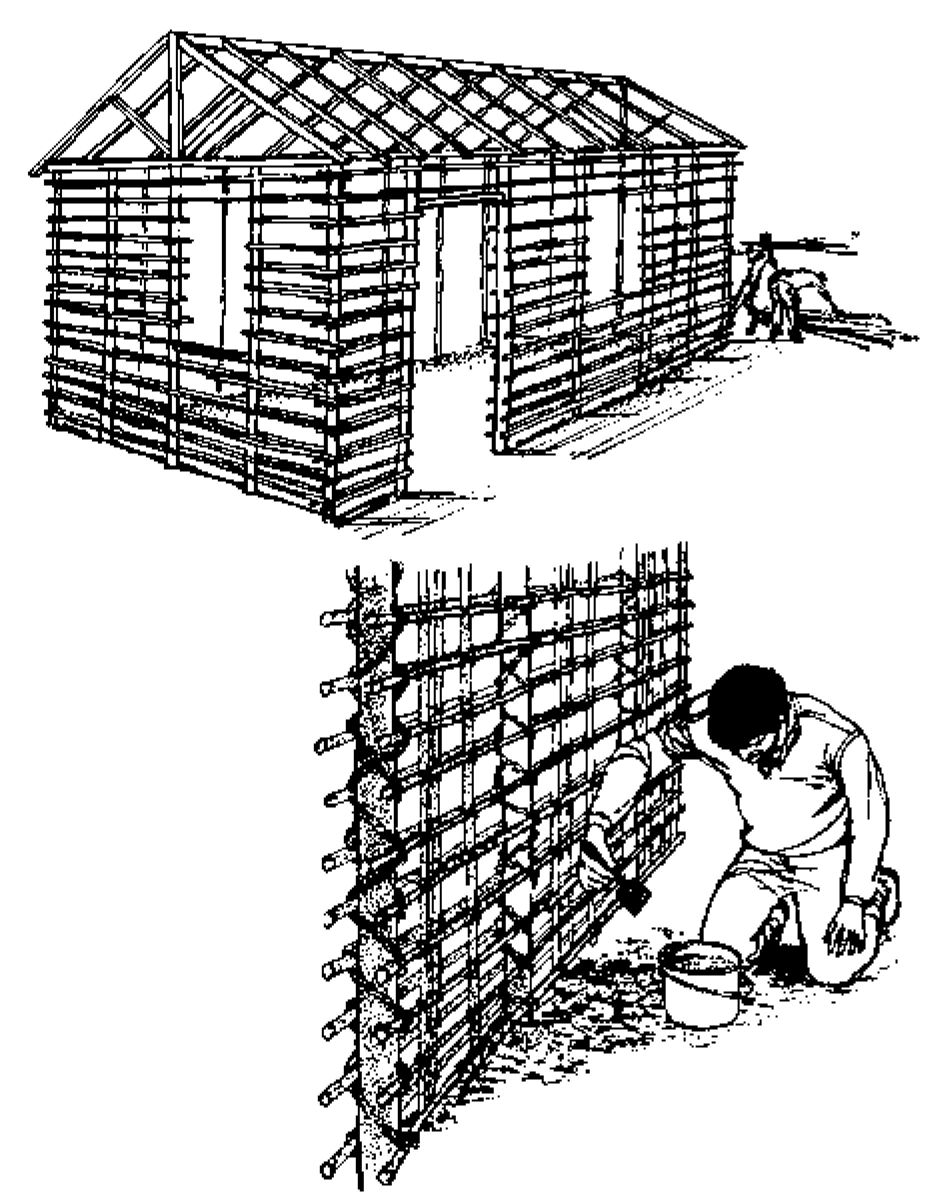


Fig. 3.12 On peut utiliser une peinture insecticide pour traiter la structure en bois d’une maison à clayonnage garni d’argile.

La qualité la plus importante d’une peinture destinée au traitement du bois consiste dans sa rémanence vu qu’une nouvelle application est impossible. D’après des travaux de laboratoire et des études menées sur le terrain (7, *8*), il semble que le meilleur produit consiste dans un mélange de bitume oxydé et d’un organophosphoré comme le malathion ou le chlorpyriphos puisqu’il a gardé sa toxicité pendant au

moins cinq ans. Quand cette peinture est destinée à cette utilisation, son aspect noir peu attrayant perd toute importance.

[a] Pour plus de renseignements, prendre contact avec le Nucleo de Pesquisas de Produtos Naturals, Université fédérale de Rio de Janeiro, CEP 21941, Rio de Janeiro, Brésil.

Détermination de la rémanence

Une épreuve simple permet de mesurer la perte de rémanence d'un insecticide avec le temps. On recueille une dizaine de réduves adultes ou de nymphes (de préférence des nymphes du cinquième stade qui viennent de s'alimenter) et on les expose pendant une durée déterminée sur le type de surface étudié. Il faut les enfermer sous un cône OMS normalisé pour épreuve biologique ou sous une boîte de Pétri en verre renversée (ou n'importe quel autre récipient plat transparent) que l'on fixe à la surface traitée avec un élastique, un ruban, des clous ou tout autre moyen (Fig. 3.13). De préférence, ce récipient sera placé sur une surface plane non fissurée afin que les réduves ne puissent pas s'échapper. A défaut, il faut combler les fissures et assurer l'étanchéité entre le récipient et la surface du mur. La préférence accordée aux adultes ou aux nymphes du cinquième stade tient au fait que les réduves arrivés à ces stades sont les moins sensibles aux insecticides et peuvent moins facilement s'échapper par de petites ouvertures. Pour permettre des comparaisons, on utilisera le même type de surface pour chaque épreuve. Les réduves nécessaires pour ces épreuves peuvent être demandés aux organismes chargés de la lutte antivectorielle et aux centres de recherche ou être capturés sur le terrain. Il faut prendre un maximum de précaution pour ne pas toucher directement les déjections de réduves sauvages qui risquent d'être contaminées par les parasites responsables de la maladie de Chagas.

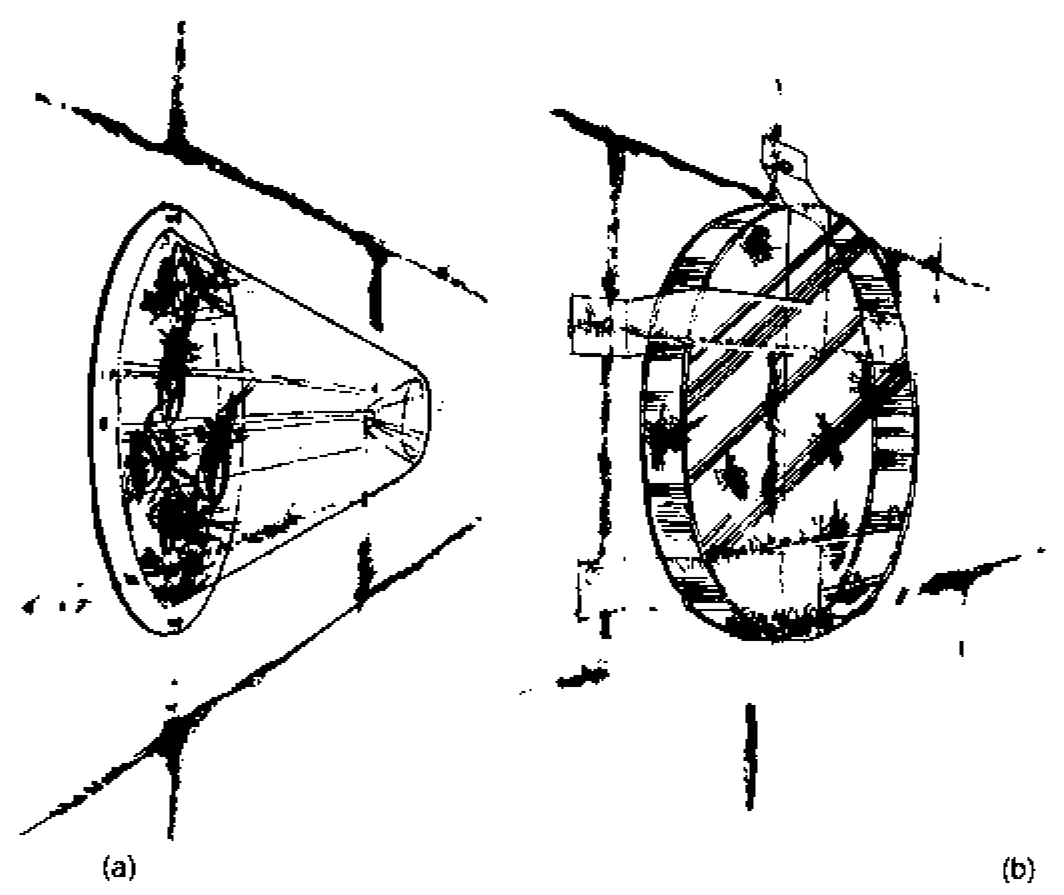


Fig. 3.13 Pour déterminer la perte de rémanence d'un insecticide après son application sur un mur, on peut exposer des réduves à la surface traitée en utilisant a) soit le cône OMS normalisé pour épreuve biologique, b) soit, par exemple, une boîte de Pétri renversée.

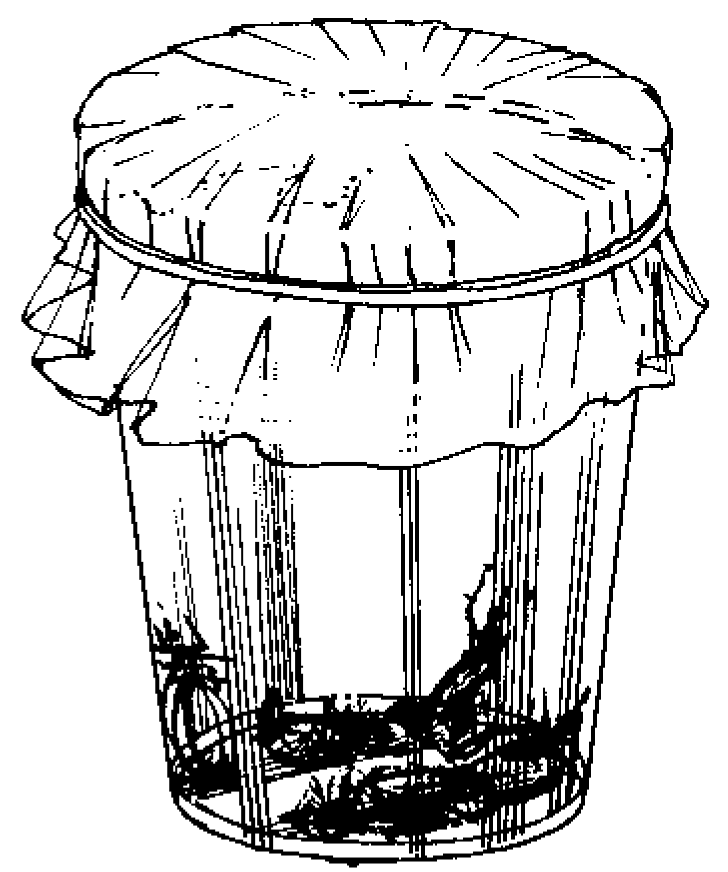


Fig. 3.14 Après avoir exposé les réduves à l’insecticide étudié, on les met pendant 1-3 jours dans un pot ou un bocal afin de déterminer leur taux de mortalité.

La durée d’exposition peut aller de plusieurs heures à plusieurs jours. Si l’épreuve est pratiquée peu après l’épandage de l’insecticide, on choisira une durée telle que le taux de mortalité des réduves exposés soit compris entre 90% et 100%. A la fin de l’exposition, il faut conserver les réduves 1 à 3 jours dans un pot ou un bocal (Fig. 3.14). Ce dernier doit être gardé au frais et muni d’un morceau de papier sur lequel on pourra examiner les déjections des insectes. A la fin de cette période, on note le taux de mortalité définitif. Si l’épreuve fait apparaître un taux sensiblement plus faible que celui qu’on avait obtenu précédemment avec le même mode opératoire - par exemple 60% au lieu de 100% - c’est que l’insecticide n’est plus assez efficace.

Amélioration du logement

Pour se protéger durablement des réduves, on peut modifier les habitations et leurs abords immédiats de façon à supprimer tous les lieux de repos habituels des réduves (*9-11*). Il existe des méthodes bon marché pour améliorer l’état des murs, de la toiture et du sol (*12*). Cependant, des réduves venus de maisons contaminées voisines ou de l’environnement péridomiciliaire peuvent continuer de trouver des lieux de repos à leur convenance dans des coffres, derrière des tableaux, etc. C’est dire que l’amélioration des logements est plus efficace si elle est effectuée simultanément par la majorité des habitants d’une zone donnée (Fig. 3.15).

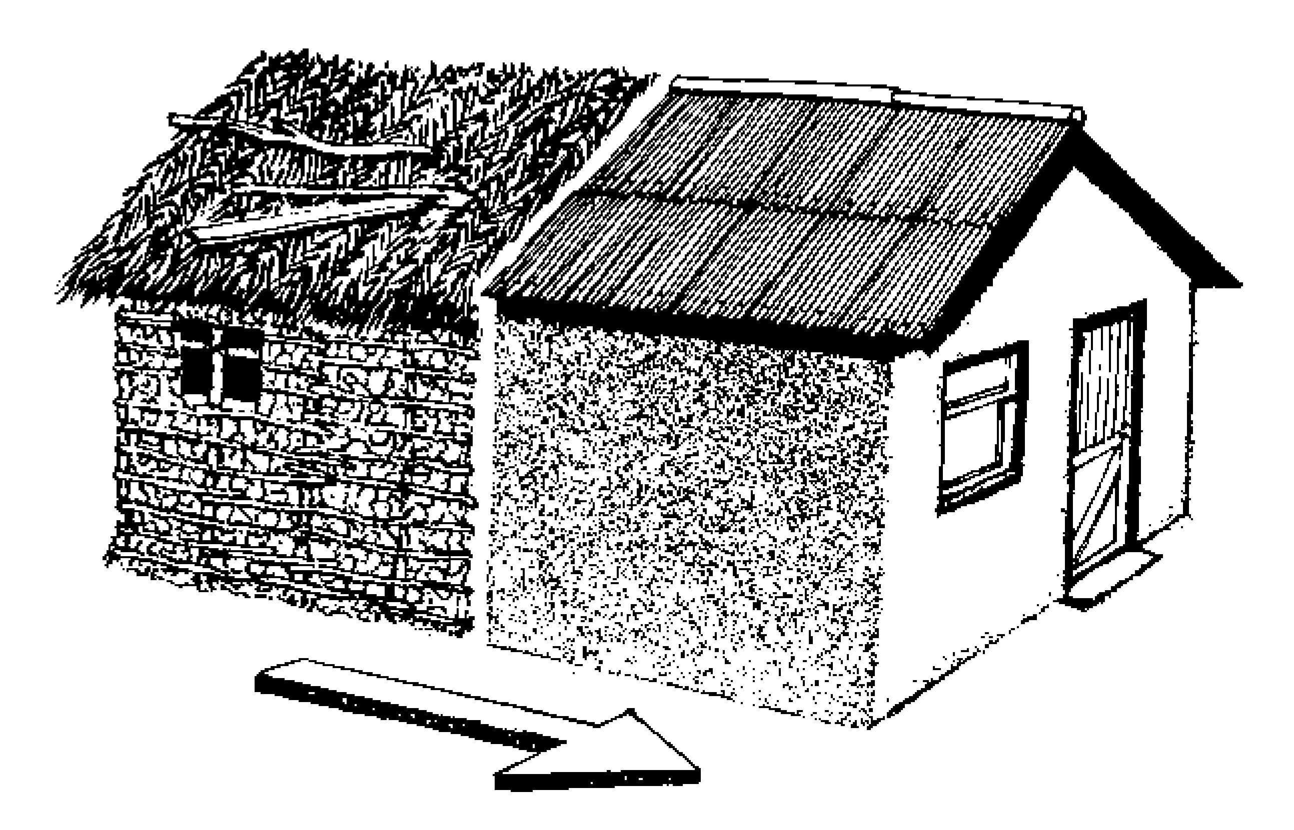


Fig. 3.15 L'amélioration du logement réduit le nombre d'endroits utilisables par les réduves pour se reposer.

Maisons existantes

Murs

Pour améliorer l'état des murs, on peut en combler les fissures au moyen d'un crépi préparé avec des matériaux disponibles localement (Fig. 3.16). On veillera tout spécialement à combler les anfractuosités au sommet des murs, juste au-dessous du toit.

Comment faire un crépi

1. Mélanger du sable (6 parties), de la terre passée au crible (1 partie), de la bouse de vache (1 partie) et de la chaux ou du ciment (0,5-1 partie). Pour obtenir de la chaux, on peut calciner pendant 24 heures des roches calcaires d'origine locale dans un four à foyer ouvert chauffé au bois, avant de pulvériser le résidu blanc ainsi obtenu avec un marteau et de le mélanger dans de l'eau. Une fois le crépi terminée, on peut badigeonner les murs pour en améliorer l'aspect, par exemple avec un lait de chaux.

2. Préparer du torchis en incorporant à une terre argileuse des bouts de paille très courts pour augmenter la résistance du mélange. Enduire le mur et s'assurer que la totalité de sa surface est parfaitement lisse. Lorsqu'on a besoin d'un enduit épais, il est conseillé d'appliquer le torchis en deux ou même trois couches minces pour éviter la formation de fissures. Il faut laisser sécher chaque couche avant d'appliquer la suivante. Toutefois, pour améliorer l'adhérence, on humectera le mur sur toute sa surface avant d'appliquer une nouvelle couche (Fig. 3.17).

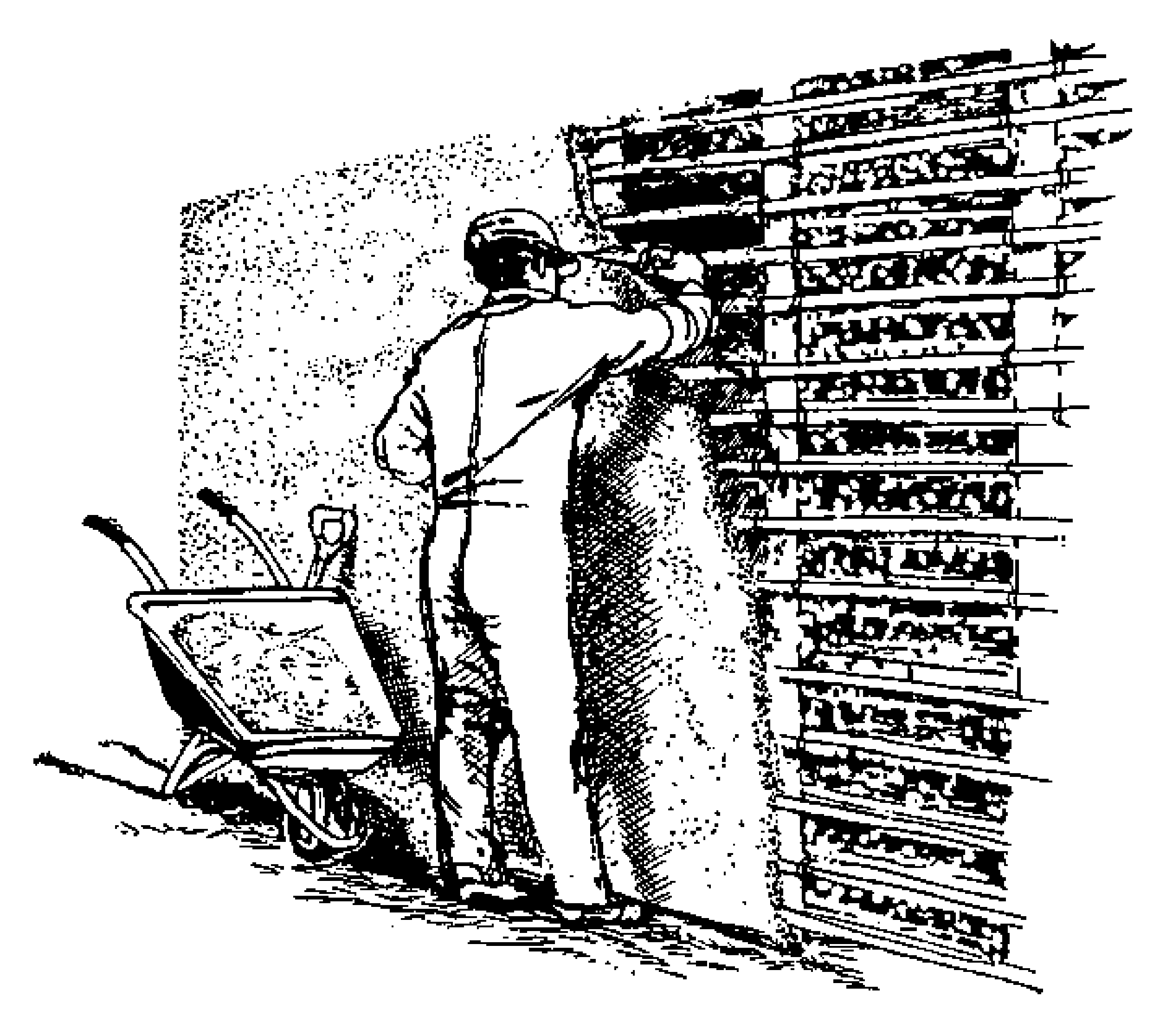


Fig. 3.16 Les lieux de repos constitués par les anfractuosités des murs peuvent être éliminés grâce au crépissage des murs au moyen d'un enduit qu'on peut mettre en place à la main puis lisser soit à la main, soit avec une truelle.

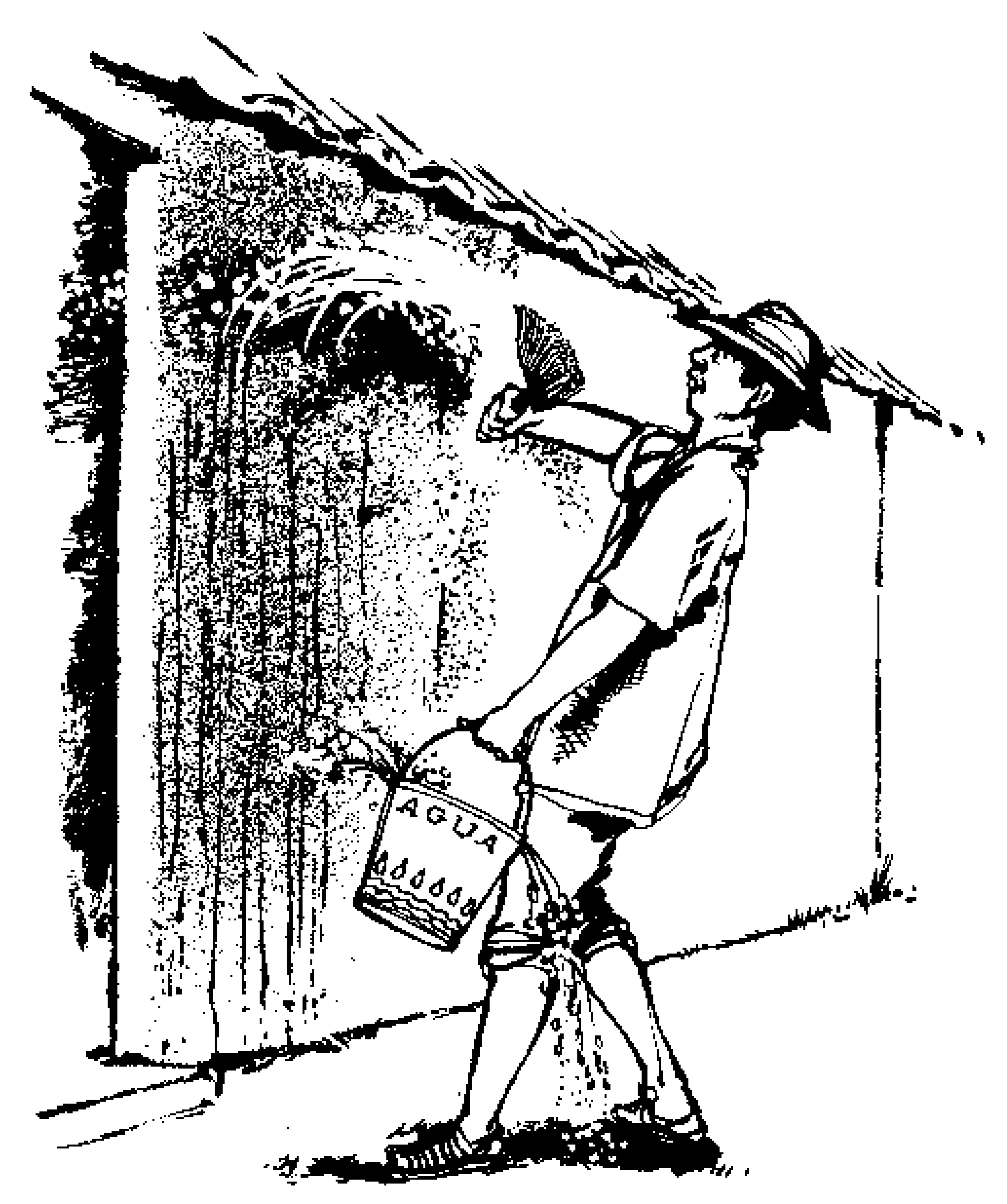


Fig. 3.17 Il faut humecter la surface avant d'appliquer la couche d'enduit suivante pour en augmenter l'adhérence et éviter la formation de fissures provoquée par un séchage trop rapide.

Mortier de ciment

Pour améliorer la tenue du revêtement, il faut appliquer une couche finale de mortier, composé de cimenta de sable et d'eau. Comme précédemment, cette couche doit être appliquée sur une surface humectée, de manière à en augmenter l'adhérence, et être mouillée périodiquement pour ne pas risquer de se fissurer. Le mortier risque de se détacher dans les cas suivants:

- le mur n'a pas été humecté avant d'être enduit de mortier;
- le mortier n'a pas été humecté pour lui permettre de sécher plus lentement;
- le mortier est de qualité médiocre, c'est-à-dire à trop faible teneur en ciment.

Mortier armé

On peut augmenter la résistance de l'enduit en y incorporant une armature métallique (grillage ou fil de fer) (Fig. 3.18). L'idéal serait d'armer le crépi de tous les murs, mais la priorité doit être donnée à ceux qui sont le plus exposés à la pluie.

Il faut mettre en place l'armature avant d'appliquer l'enduit. Pour obtenir la plus grande résistance possible, il faut placer l'armature au milieu de la couche. Si l'armature est directement en contact avec le torchis, elle risque de se corroder rapidement.

Sols (revêtus ou non)

Spécialement en Amérique centrale où *Triatoma dimidiata* est une espèce vectrice, il ne faut pas négliger le sol des pièces lors de l'amélioration du logement. On peut pour cela égaliser le sol, le compacter et le recouvrir d'une chape de ciment (Fig. 3.19). Il faut boucher les fissures qui se formeraient par la suite.

Toiture

Dans les régions où les matériaux traditionnels utilisés pour la toiture permettent aux réduves de s'y cacher (chaume au Venezuela, bois recouvert de terre en Argentine et en Bolivie), le mieux est de les remplacer par des tuiles ou de la tôle ondulée.

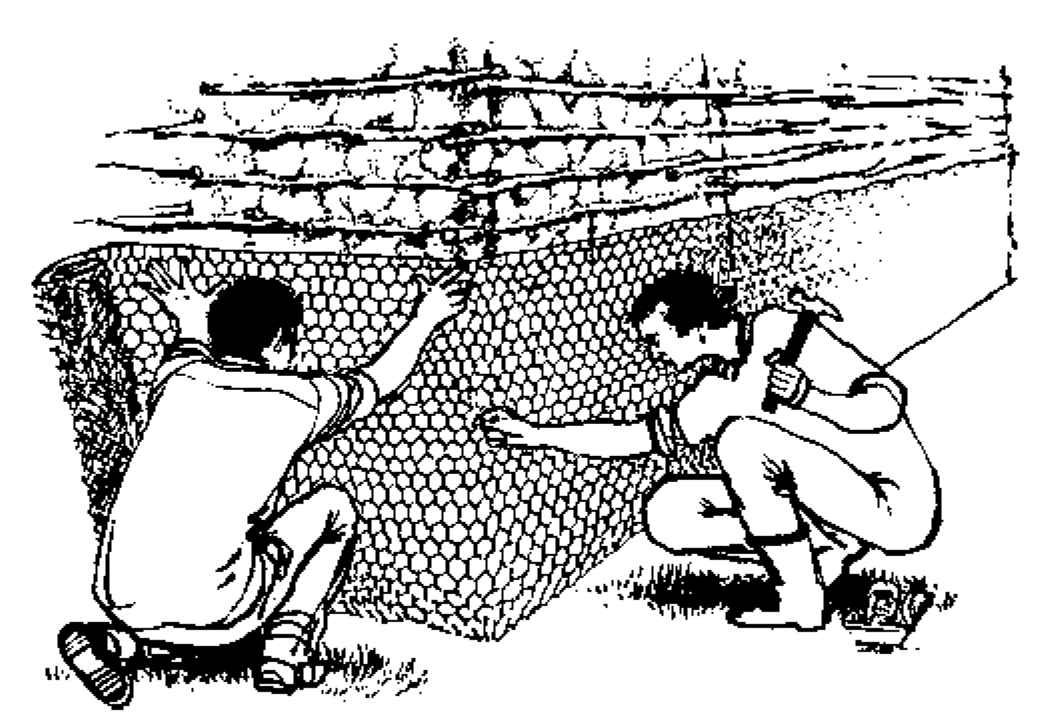


Fig. 3.18 Le mortier peut être renforcé par une armature métallique.



Fig. 3.19 Les lieux de repos offerts aux réduves par le sol peuvent être bouchés puis recouverts d'une chape de ciment.

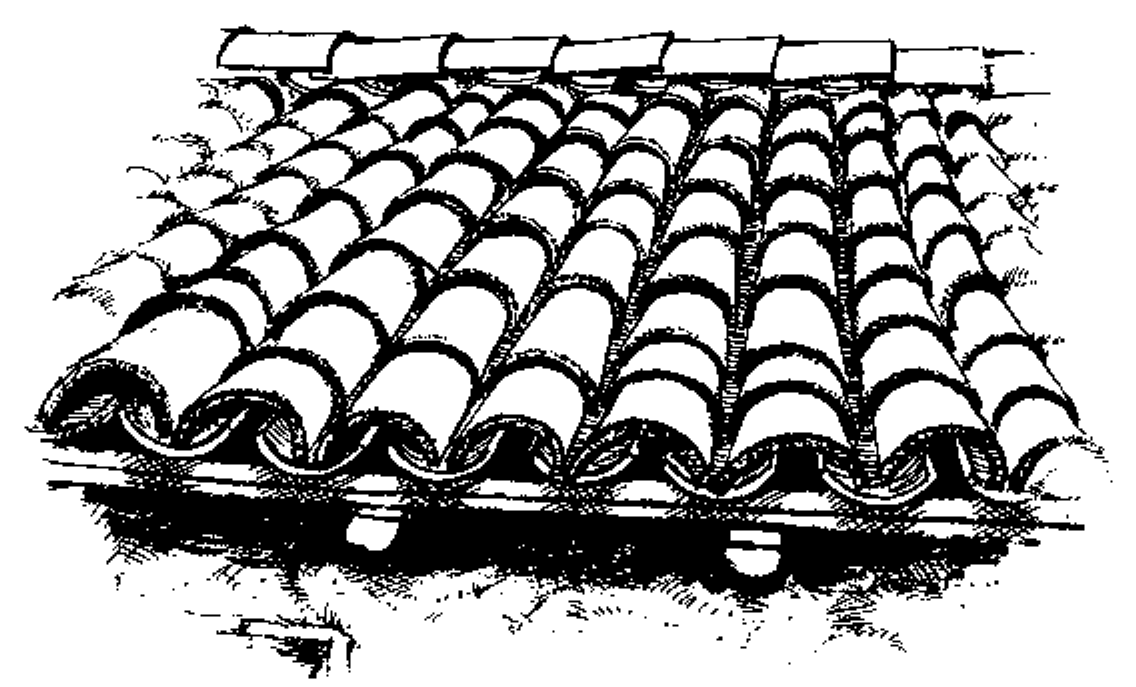


Fig. 3.20 Les tuiles constituent un matériau de couverture traditionnel dont on peut se servir pour améliorer les habitations.

Les tuiles partagent avec les matériaux traditionnels l'avantage d'isoler la maison du chaud et du froid et elles ont un aspect plus attrayant que la tôle; qui plus est, on peut

les fabriquer localement. En revanche, leur poids nécessite la construction spéciale d'une charpente pour en supporter la charge (Fig. 3.20).

Les tôles ont l'avantage d'être relativement bon marché et généralement faciles à se procurer (Fig. 3.21). Leur utilisation pour confectionner le toit ne soulève pas de difficultés. En revanche, elles n'isolent pas du froid ou du chaud et elles sont bruyantes lorsqu'elles sont battues par la pluie.

Un autre matériau de couverture est constitué par les *acerolitos,* matériau composite formé d'asphalte emprisonné entre deux feuilles d'aluminium. Les panneaux fabriqués avec ce matériau assurent une bonne isolation contre les températures extrêmes, mais ils sont plus facilement endommageables et plus coûteux que la tôle ondulée. Le fibrociment (asphalte-ciment) en feuilles présente des avantages comparables, mais il est plus lourd et plus fragile.

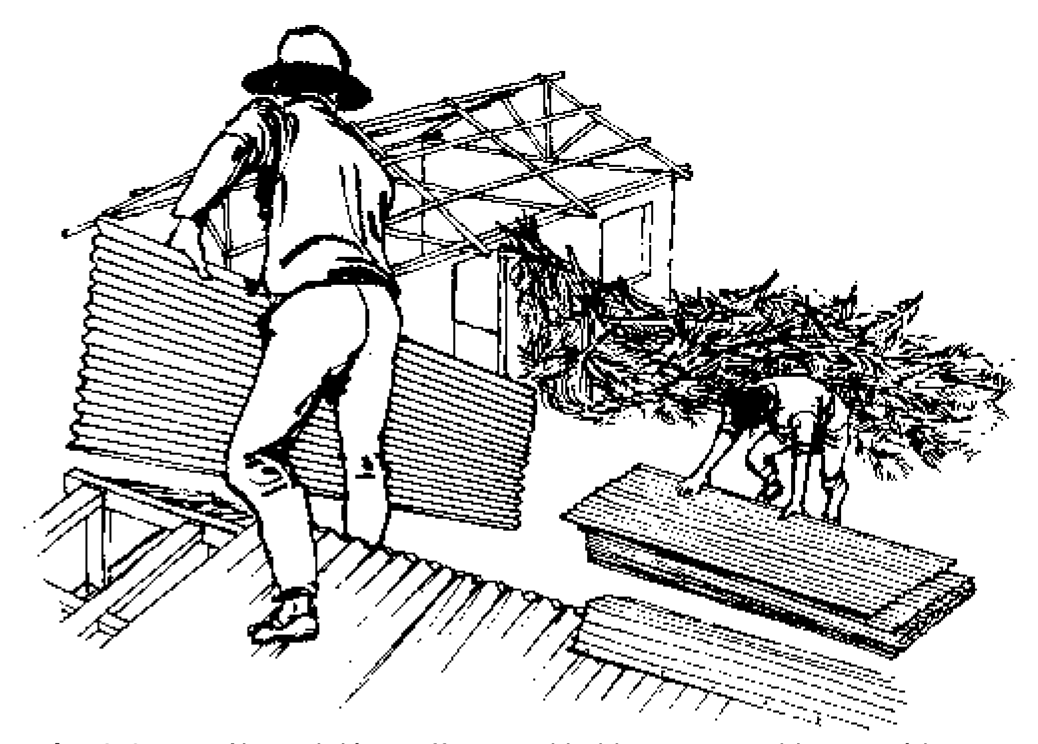


Fig. 3.21 La tôle ondulée n'offre pas d'habitat convenable aux réduves.

Maisons neuves

Lorsqu'on prévoit de construire une maison neuve ou que la maison ancienne ne vaut pas la peine d'être remise en état par les méthodes ci-dessus et doit être remplacée, il est recommandé d'utiliser des matériaux durables tels que cimenta briques cuites ou bois de construction. Si l'on ne dispose pas de ces matériaux ou qu'ils sont trop coûteux, on peut éviter que les murs en pisé ne se fissurent en protégeant la terre de l'érosion et du retrait grâce à l'addition de bitume (asphalte), de ciment, de chaux ou de paille ou d'un mélange de plusieurs de ces matériaux.

Dans certaines régions, les blocs d'adobe traditionnels (qui ne sont pas cuits au four, mais séchés au soleil) sont déjà de bonne qualité du fait de la paille qui y est ajoutée et de leur teneur en éléments naturels contenus localement dans le sol.

Blocs de pisé stabilisés et comprimés

On peut fabriquer des blocs de pisé de bonne qualité, plus résistants que les blocs ordinaires et pouvant supporter une charge supérieure, en les compactant dans une presse mécanique (Fig. 3.22). Leur fabrication directement sur le chantier réduit beaucoup la quantité de matériaux à transporter. On obtient des blocs stabilisés très solides et résistants à l'eau en comprimant un mélange de ciment (environ 5-8%) et de terre. On peut aussi obtenir des blocs de résistance comparable avec de la chaux, à raison de 7-10%. La terre doit être suffisamment sèche pour pouvoir, une fois émiettée, passer à travers un tamis à mailles de 6 mm. Cette granulométrie est indispensable pour que la terre se mélange bien avec le ciment qui, en principe, devrait en enrober toutes les particules. La terre utilisée doit contenir de préférence 5-30% d'argile. Il faut laisser les blocs sécher au soleil pendant 2-3 semaines avant de s'en servir (Fig. 3.23). Il faut les empiler 3-5 jours après leur confection et les recouvrir pour les protéger de la pluie.[1]

[1] Pour plus de précisions, s'adresser au Building Research Establishment, Garston, Watford, Angleterre.

Les murs en blocs comprimés et stabilisés n'ont pas besoin d'être crépis car, en principe, ces blocs ne se fissurent pas. Il faut soigneusement boucher les joints avec du mortier et les affleurer afin de ne pas laisser subsister de vides pouvant servir d'habitat aux réduves.

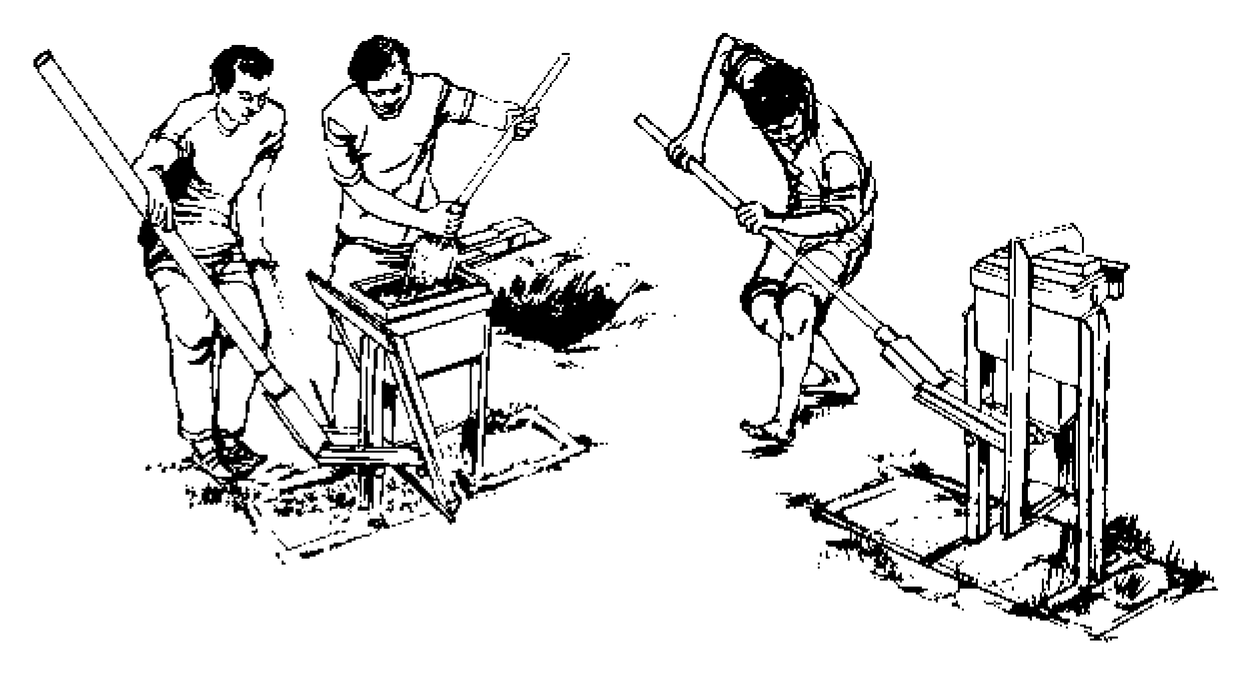


Fig. 3.22 On peut fabriquer des blocs de pisé de bonne qualité en comprimant de la terre dans une presse mécanique.

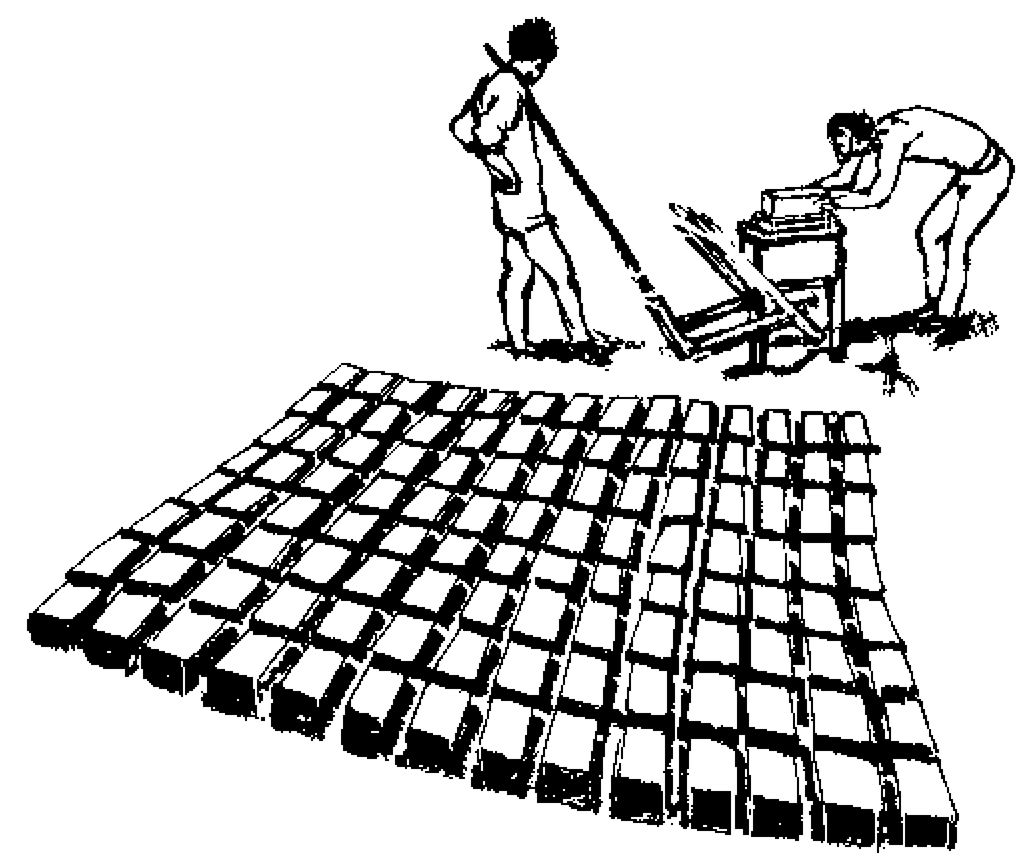


Fig. 3.23 Les blocs de pisé fabriqués à la presse mécanique doivent être mis à sécher pendant 2-3 semaines avant d'être utilisés.

Pour une construction bon marché, on peut se servir de la presse pour fabriquer des blocs de terre, non additionnés de ciment, qu'on fera sécher au soleil. En pareil cas, on peut améliorer les choses en revêtant les murs d'un enduit de ciment; les murs en blocs doivent être humectés avant la réalisation de l'enduit.

Une personne suffit pour actionner la presse; si l'on dispose d'une équipe d'au moins trois personnes, on peut la faire marcher en permanence pendant que les opérations d'excavation et de mélange de la terre et l'empilage des nouveaux blocs se poursuivent. Avec une bonne machine, une équipe de trois ouvriers peut fabriquer au moins 20 blocs à l'heure. On a mis au point plusieurs types de presse à main.

Avantages et inconvénients des blocs de terre stabilisés et comprimés par rapport aux blocs ordinaires séchés au soleil (adobes) ou au clayonnage garni de terre

Avantages

• Résistance supérieure, garantissant un usage plus long de l'habitation.

• Meilleur aspect.

• Réduction du nombre des anfractuosités des murs, susceptibles de servir de

cachettes aux insectes.

• Meilleur fini superficiel des murs, facilitant la peinture ou l'enduit.

• Porosité inférieure à celle de l'adobe donnant une surface mieux adaptée à la pulvérisation d'un insecticide à effet rémanent, destiné à tuer les réduves ou les moustiques vecteurs du paludisme.

Inconvénients

• Bien qu'elle puisse être utilisée par une seule personne, la presse doit être achetée et utilisée par une coopérative communautaire ou une petite entreprise pour être économiquement viable.

• Caractère fastidieux de la préparation de la terre.

Amélioration de l'environnement péridomiciliaire

Les clôtures, les toitures et les constructions en dur servant d'abris pour animaux ou d'entrepôts de produits agricoles et de bois de feu peuvent être modifiées de façon à offrir aux réduves un minimum de cachettes (Fig. 3.24) (*13*).

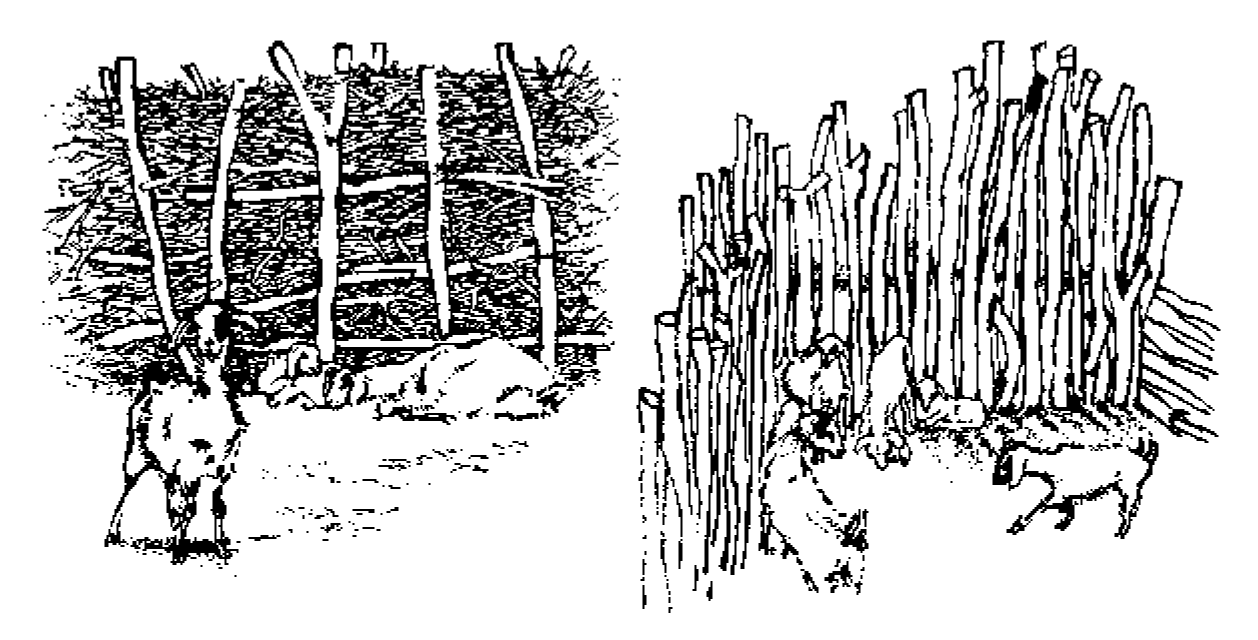


Fig. 3.24 Clôtures pour enclos à chèvres. Celle de droite offre moins de cachettes aux réduves que celle de gauche.

Moustiquaires imprégnées

Les moustiquaires peuvent constituer un obstacle physique entre les insectes hématophages et les dormeurs. Cependant, elles perdent toute efficacité si elles sont mal bordées sous le matelas ou sont percées de trous permettant le passage des insectes piqueurs. Même quand une moustiquaire est bien utilisée, il arrive que le corps du dormeur vienne à son contact et que l'insecte puisse alors prendre son repas

de sang. En outre, les moustiquaires sont inefficaces contre les insectes hématophages qui s'abritent dans les matelas, tels les punaises (*Cimex*) et les réduves. Les insectes peuvent survivre longtemps sans nourriture et ils ont toutes les chances de subsister jusqu'à ce qu'ils réussissent à prendre un repas.

Tous ces problèmes sont en principe éliminés si l'on imprègne la moustiquaire avec un pyréthrinoïde à action rapide. L'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide assure la destruction des punaises de lit, des poux et des puces, ainsi que celle des moustiques (Fig. 3.25). Bien que l'efficacité de la méthode contre les réduves soit encore à l'étude, il semble probable que ces insectes sont tués ou repoussés, spécialement s'agissant des stades larvaires, les plus vulnérables.

Les moustiquaires imprégnées pourraient être utiles comme moyen de protection individuelle dans les régions où les pouvoirs publics n'ont pas entrepris d'opérations de lutte. En outre, leur utilisation pourrait prendre place dans un programme plus vaste fondé sur la participation communautaire et destiné à maintenir l'acquis résultant d'une campagne publique. Mais elle ne saurait en aucun cas remplacer les opérations de pulvérisation d'insecticide sur les murs ni les travaux d'amélioration de l'habitat.

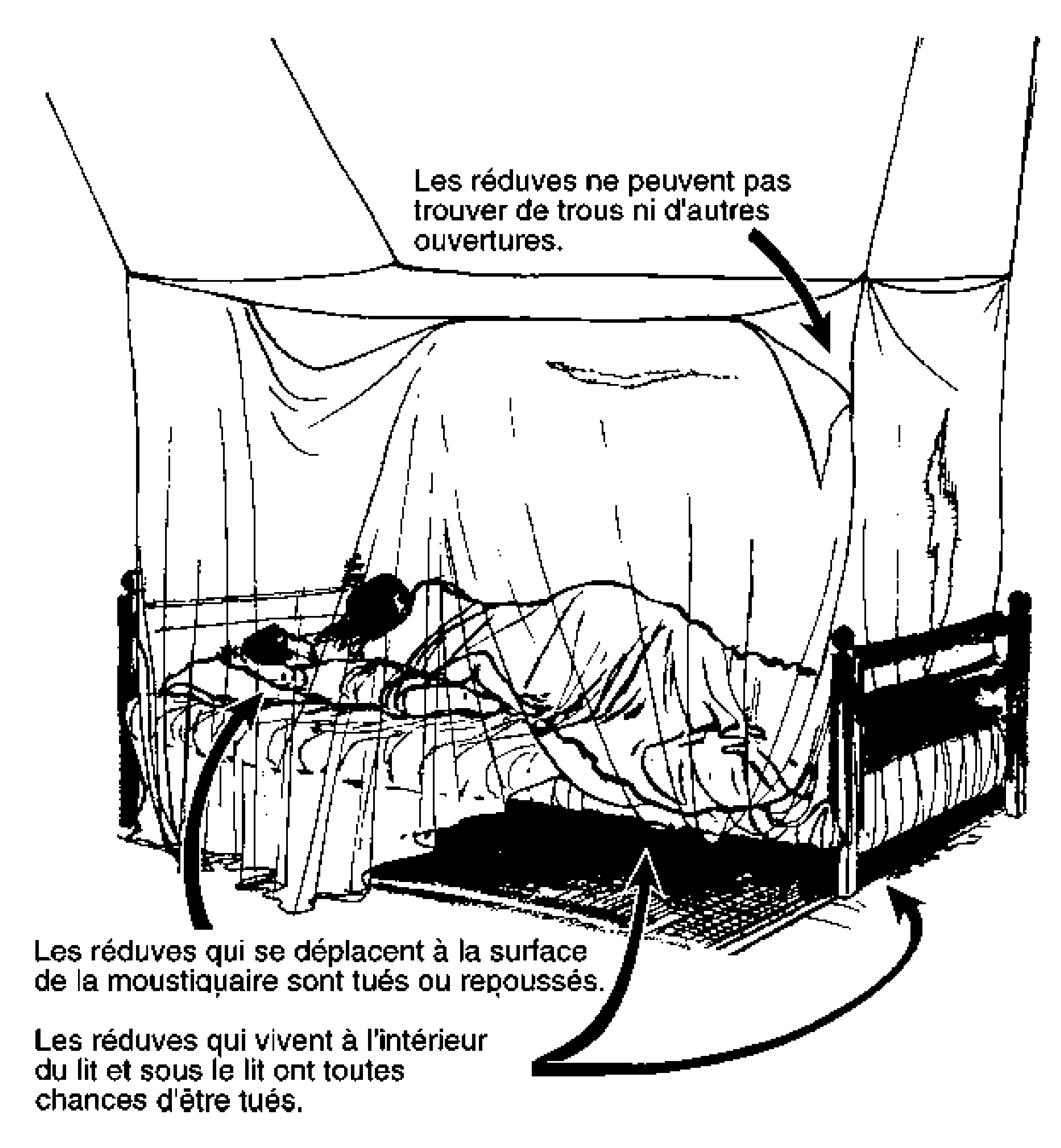


Fig. 3.25 Avantages des moustiquaires imprégnées d'insecticide.

Des précisions ont été fournies au Chapitre 1 au sujet des moustiquaires et de la façon de les imprégner avec un insecticide.

Cartouches ou pots fumigènes

Une cartouche fumigène jetable est constituée d'un petit récipient d'insecticide muni d'une mèche sortant à son sommet (Fig. 3.26). Lorsqu'on allume la mèche, une fumée insecticide se dégage pendant un bref laps de temps (Fig. 3.27). Une cartouche suffit pour la fumigation d'environ 15 m^3 d'air. Il en faut par conséquent deux pour une pièce de $3 \times 5 \times 2$ m = 30 m^3. En générale on en prévoira deux pour chaque pièce où

dorment des personnes ou des animaux. Pour faciliter au maximum la dispersion de la fumée, il faut laisser les portes ouvertes entre pièces voisines. Pendant la fumigation, les gaz doivent pénétrer à l'intérieur des lieux servant de cachettes aux réduves. Les insectes irrités sont alors délogés puis tués. Pour obtenir une efficacité maximale, il faut fermer toutes les ouvertures. Une heure après l'allumage d'une cartouche fumigène, on peut aérer la maison et y rentrer.



Fig. 3.26 Une fois la mèche allumée, les cartouches fumigènes dégagent une fumée insecticide.

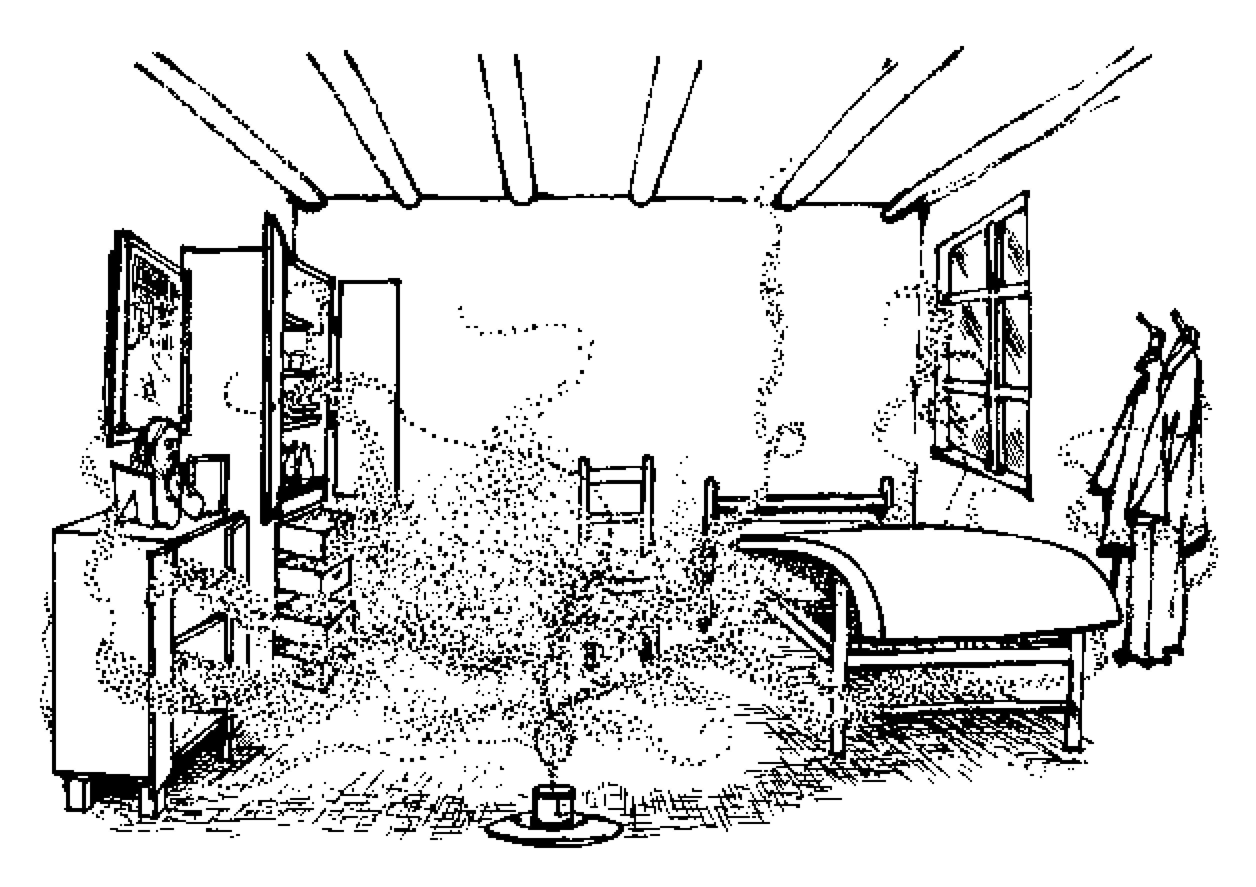


Fig. 3.27 La combustion se poursuit pendant une durée pouvant atteindre 15 minutes.

Les cartouches fumigènes peuvent constituer une bonne solution dans les régions où l'on a réussi à éliminer les réduves, mais où les opérations de pulvérisation dans les habitations ne sont plus effectuées de façon régulière. En cas de réinfestation, la méthode permet de traiter rapidement et pour un coût modique les maisons réinfestées et les maisons immédiatement voisines (*14*).[1]

[1] Pour des précisions sur l'approvisionnement en cartouches fumigènes, s'adresser au Pest and Insecticide Research Centre (CIPEIN), Zufriategui 4380, Buenos Aires, Argentine.

Avantages et inconvénients des cartouches fumigènes

Avantages

- L'utilisation de cartouches n'exige aucune formation particulière.

- Cette technique donne ses meilleurs résultats lorsqu'elle est associée à d'autres méthodes de lutte. En Argentine, elle a permis de réduire la fréquence des opérations de pulvérisation dans les habitations de deux fois par an à une seulement pendant la période de surveillance.

Inconvénients

- La rémanence du produit est faible. Les réduves peuvent réapparaître dans une

maison traitée dans un délai de quelques mois. • Utilisée fréquemment, cette méthode est coûteuse.

Mode opératoire

• Avant d'allumer la mèche, il faut poser la cartouche fumigène par *terre,* loin de tout objet inflammable et sur une surface résistante au feu.

• Il faut fermer les fenêtres et les portes donnant sur l'extérieur, emporter les aliments et les boissons, et faire sortir les animaux.

• Il faut ouvrir les penderies contenant des vêtements ou offrant d'autres cachettes aux réduves.

• Il faut ouvrir les portes de communication entre pièces voisines.

• Une fois les cartouches allumées, on attendra au moins une heure avant de rouvrir les portes et les fenêtres pour que la maison puisse s'aérer.

• Laisser la maison s'aérer une demi-heure avant d'y rentrer.

Sécurité d'emploi

La vapeur qui se dégage de la cartouche contient des insecticides (par exemple du dichlorvos, du lindane ou un pyréthrinoïde) très peu toxiques pour les mammifères, les oiseaux et l'homme. La méthode est considérée comme sans danger pour l'utilisateur. Toutefois, pendant la fumigation, il faut faire évacuer tout le monde et ne laisser rentrer personne avant que la maison ait été aérée pendant une trentaine de minutes (portes et fenêtres ouvertes).

Le risque d'incendie est absolument minime puisque la combustion se fait sans flamme.

Surveillance

Lorsqu'une campagne de masse, fondée sur les pulvérisations domiciliaires d'insecticides à effet rémanent sur les murs, a permis de décimer ou d'éradiquer les réduves, il importe de rester vigilant: une réinfestation serait un signal d'alarme appelant une action immédiate de la part des propriétaires de logement ou des autorités compétentes.

La surveillance peut être organisée selon trois grandes méthodes:

• Le programme de lutte relevant du secteur public affecte des inspecteurs de terrain à la surveillance dans des zones déterminées (*15*).

• Certains membres de la communauté reçoivent la formation et les équipements et fournitures nécessaires pour assurer eux-mêmes la surveillance, sous réserve de tenir informés les responsables du programme officiel. C'est ainsi qu'on peut charger des

écoliers de capturer des réduves qu'ils remettent à leur instituteur en vue de leur expédition aux autorités sanitaires.

• Conformément à l'approche des soins de santé primaires, certains membres de la communauté reçoivent une formation d'agent de santé et sont ensuite chargés, entre autres fonctions, de la surveillance et des traitements domiciliaires redevenus nécessaires (*16*).

La première méthode est la plus onéreuse. La troisième suppose l'existence d'un système de soins de santé primaires bien organisé. Il est essentiel que les communautés et les propriétaires de logement participent à la surveillance. De leur coté, les autorités sanitaires doivent se charger de l'information et assurer la fourniture de supports éducatifs, notamment d'affiches et de brochures, afin de motiver les communautés et de mobiliser leur concours. Bien organisée, la surveillance évite beaucoup de travail aux autorités et leur fait faire des économies importantes. Elle a toutes les chances d'améliorer la qualité des activités de lutte.

Méthodes de surveillance

Collecte à la main

La méthode la plus directe pour déceler l'infestation par des réduves consiste à inspecter leurs cachettes possibles avec une lampe-torche (Fig. 3.28). Pour déloger les insectes des fissures profondes et autres cachettes, on peut asperger ces dernières avec une substance irritante ou un agent de rinçage, par exemple une solution à 035% de pyréthrinoïde de synthèse ou de pyrèthre dans du kérosène (*17, 18*), en se servant d'un pulvérisateur manuel en plastique du type utilisé pour humidifier les plantes d'intérieur (Fig. 3.29). Les réduves et les œufs ainsi découverts doivent être recueillis avec une pince et apportés à un enseignant ou à un agent de santé qui pourra identifier l'espèce en cause et prendre contact avec un fonctionnaire des services de lutte antivectorielle.

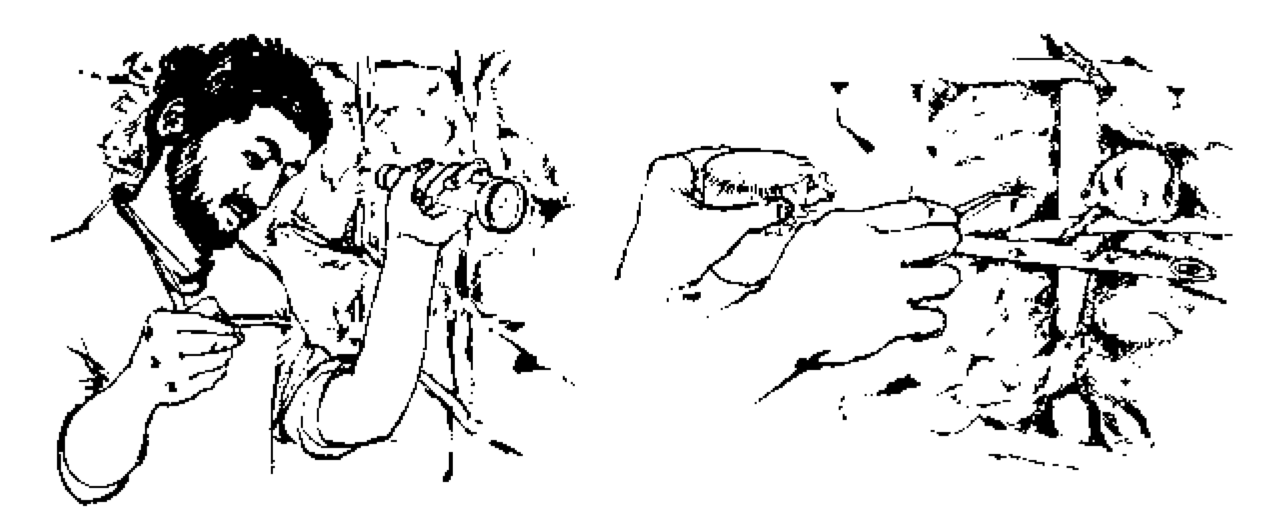


Fig. 3.28 On peut inspecter les fissures des murs et les autres cachettes possibles à la recherche des réduves.



Fig. 3.29 Les fissures profondes et les anfractuosités des murs peuvent être aspergées avec une substance irritante ou un agent de rinçage de façon à en déloger les réduves.

Cartons de surveillance

Une méthode moins laborieuse mais moins précise consiste à utiliser une boîte en carton susceptible de servir de cachette aux réduves. Ces cartons peuvent facilement être démontés et examinés régulièrement (par exemple tous les mois) à la recherche de réduves, d'œufs ou de traces de déjections à l'intérieur. On a mis au point et expérimenté différents modèles de boîte (*16, 19*). Elles sont toutes plates et percées de trous sur les côtés ou sur le fond et sont remplies de papier ou de carton à pliage accordéon (Fig. 3.30). Les boîtes sont clouées aux murs à 1,5 m de hauteur ainsi qu'à proximité des lits, mais de façon à ne pas être à la portée des enfants (Fig. 3.31).

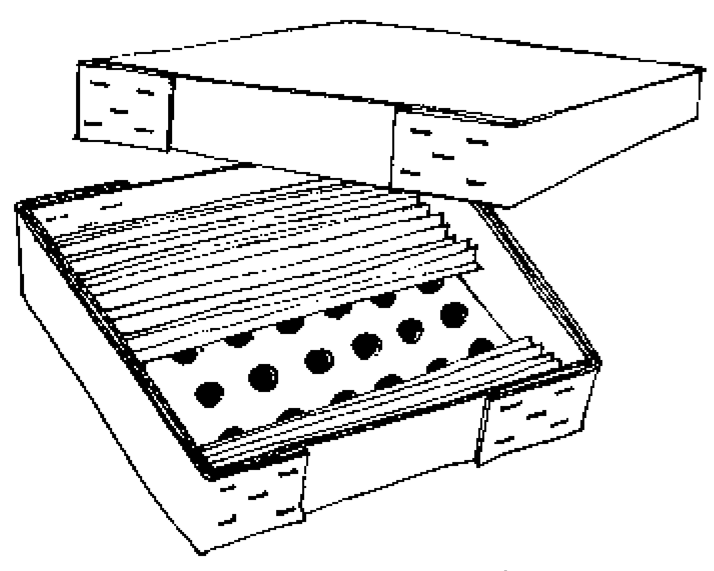


Fig. 3.30 Carton de surveillance. Le fond est percé de trous qui permettent aux

réduves de pénétrer à l’intérieur. Du papier à pliage accordéon offre des cachettes attirantes pour ces insectes.

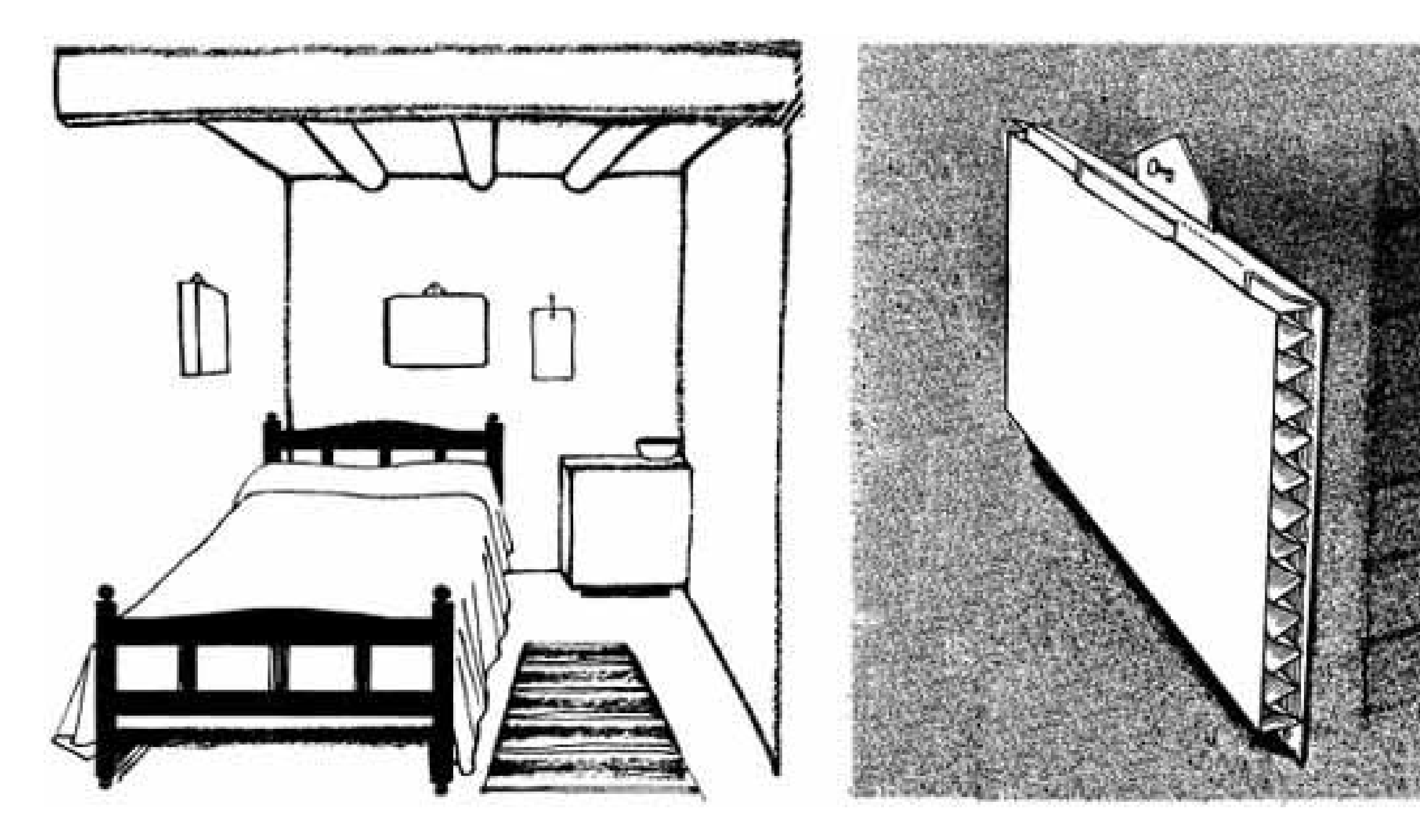


Fig. 3.31 Les cartons de surveillance sont accrochés aux murs à proximité des lits et hors de portée des enfants.

Lors de l’inspection des cartons, il importe d’entourer d’un cercle les traces de déjections éventuellement observées afin d’éviter des confusions d’une observation à la suivante (Fig. 3.32). Les réduves découverts doivent être mis dans un sac en plastique, une boîte d’allumettes ou tout autre récipient et envoyés pour examen a des enseignants ou aux autorités sanitaires.

Etant donné que d’autres insectes, par exemple des blattes et des punaises de lit, peuvent utiliser les cartons pour s’y cacher, il importe de savoir reconnaître les réduves ainsi que leurs œufs et déjections. On a publié par ailleurs des clés d’identification qui permettent de déterminer l’origine des déjections (*20, 21*).

Feuilles de surveillance

Une méthode plus simple consiste à punaiser des feuilles de papier de couleur sur les murs afin d’y recueillir des déjections de réduves récentes. Si l’on inscrit sur les feuilles la date à laquelle on les met en place, on saura pendant quelle période des réduves se sont trouvés à l’intérieur de la maison. La présence de traces de déjections sur un papier récemment fixé est la preuve indiscutable d’une infestation à l’époque considérée. Le meilleur endroit pour installer les feuilles de papier se trouve sur les murs, à proximité des lits. Les feuilles sont considérées comme aussi sensibles que les cartons de surveillance (*20, 22*).

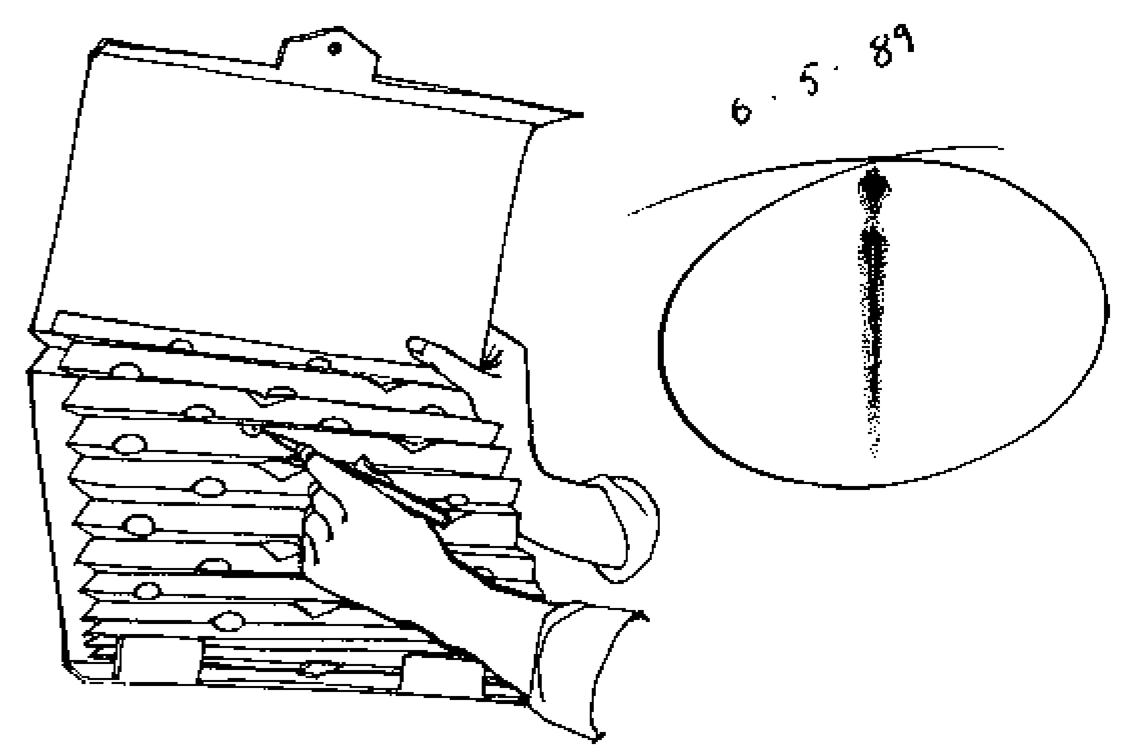


Fig. 3.32 Entourer d'un cercle toute trace de déjections et inscrire la date. Comme on le voit à droite, les traces laissées sur une surface verticale ont un aspect caractéristique.

Bibliographie

1. Rabinovich JE, Leal JA, Feliciangeli de Pinero D. Domiciliary biting frequency and blood ingestion of the Chagas disease vector *Rhodnius prolixus* Stahl (*Hemiptera: Reduviidae*) in Venezuela. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1979, 73: 272-283.

2. Schofield CJ. Chagas disease, triatomine bugs, and blood loss. *Lancet,* 1981, 1: 1316.

3. *Lutte contre la maladie de Chagas. Rapport d'un Comité OMS d'experts.* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1991 (OMS, Série de Rapports techniques, N° 811).

4. *Maladies tropicales. Progrès de la recherche 1989-1990.* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1991 (dixième rapport du Programme spécial PNUD/Banque mondiale/OMS de Recherche et de Formation concernant les Maladies tropicales).

5. Kingman S. South America declares war on Chagas disease. *New scientist,* 1991, 19 October: 16.

6. Oliveira Filho AM. Cost-effectiveness analysis in Chagas disease vector control interventions. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz.,* 1989, 84: 409-417.

7. Oliveira Filho AM. Development of insecticide formulations and determination of dosages and application schedules to fit specific situations. *Revista argentina de microbiologia,* 1988, 20 (suppl.): 39-48.

8. Oliveira Filho AM. et al. Biological assay of house wall structure treated with insecticidal paints. *Revista de la Sociedad brasileira de Medicina tropical,* 1989, 22 (suppl. II):60.

9. Bricèño-León R. Rural housing for control of Chagas disease in Venezuela, *Parasitology today,* 1987, 12: 384-387.

10. Días JCP, Días RB. Housing and the control of vectors of human Chagas' disease in the state of Minas Gérais, Brazil. *Bulletin de l'Organisation panaméricaine de la Santé,* 1982, 2: 117-129.

11. Schofield CJ, Marsden PD. The effect of wall plaster on a domestic population of *Triatoma infestons. Bulletin de l'Organisation panaméricaine de la Santé,* 1982, 16: 356-360.

12. Bricèño-León R, Gusmao R. *Manual de construcción y mejoramiento de viviendas de bahareque para el control de la enfermedad de Chagas* [Manuel de construction et d'amélioration des habitations en clayonnage garni de terre pour la lutte contre la maladie de Chagas.] Washington, DC, Organisation panaméricaine de la Santé, 1988.

13. Bos R. The importance of peridomestic environmental management for the control of the vectors of Chagas disease. *Revista argentina de microbiologia,* 1988, 20 (suppl.): 58-62.

14. Paulone I et al. Field research on an epidemiological surveillance alternative of Chagas disease transmission: the primary health care (PHC) strategy in rural areas. *Revista argentina de microbiologia,* 1988, 20 (suppl.): 103-105.

15. Días JCP. Control of Chagas disease in Brazil. *Parasitology today,* 1987, 11: 336-341.

16. Wisnivesky-Colli C et al. A new method for the detection of reinfected households during surveillance activities of control programmes of Chagas disease. *Revista argentina de microbiologia,* 1988, 20 (suppl.): 96-102.

17. Oliveira Filho AM. New alternatives for Chagas disease control. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz,* 1984, 79 (suppl.): 117-123.

18. Pinchin R, Oliveira Filho AM, Pereira ACB. The flushing-out activity of pyrethrum and synthetic pyrethroids on *Panstrongylus megistus,* a vector of Chagas disease. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1980, 74: 801-803.

19. Pinchin R et al. Comparison of techniques for detection of domestic infestations with *Triatoma infestons* in Brazil. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1981, 75: 691-693.

20. Schofield CJ et al. A key for identifying faecal smears to detect domestic infestations of triatomine bugs. *Revista de la Sociedad brasileira de Medicina tropical,* 1986, 1: 5-8.

21. Menezes MN et al. The interpretation of faecal streaks produced by different instars of triatomine bugs. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1990, 84: 799.

22. Garcia Zapata MT, Schofield CJ, Marsden PD. A simple method to detect the presence of live triatomine bugs in houses sprayed with residual insecticides. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1985, 76: 790-792.

Chapitre 4. Punaises de lit, puces, poux, tiques et acariens

Des ectoparasites vivant sur le corps de l'homme et dans ses vêtements et sa literie

Il existe de nombreuses espèces de puces, poux, tiques et acariens hématophages. Les poux sont des parasites de l'Homme qui vivent sur son corps ou dans ses vêtements, tandis que l'on découvre souvent des punaises en train de se gorger de sang sur l'Homme ou les animaux domestiques. Les punaises de lit, que l'on trouve également dans les autres meubles, se procurent leur repas de sang en piquant l'homme. Certains acariens, par exemple les agents de la gale, sont des parasites de la peau. D'autres espèces d'acariens ainsi que des tiques peuvent également piquer l'Homme pour se nourrir. Les puces, les punaises de lit et les poux sont des insectes alors que les tiques et les acariens appartiennent à une autre classe d'arthropodes, celle des arachnides. A la différence des insectes adultes, ils ont un corps qui n'est divisé qu'en deux segments et qui est muni au stade adulte de quatre paires de pattes (contre trois chez les insectes).

Les punaises de lit, les poux de tête et les poux du pubis ne provoquent pas de maladie, mais ils peuvent être extrêmement gênants. En revanche, d'importantes maladies humaines et animales sont transmises par certains autres des arthropodes examinés ici, a savoir:

- le typhus épidémique et la récurrente à poux (poux de corps);
- la peste et le typhus murin (certaines puces);
- la maladie de Lyme, la récurrente à tiques et de nombreuses viroses (tique s);
- le typhus des broussailles (rickettsies hématophages).

Punaises de lit

Deux espèces de punaises de lit se nourrissent sur l'Homme: la punaise de lit commune (*Cimex lectularius*), que l'on trouve dans la plupart des régions du monde, et la punaise de lit tropicale (*Cimex hemipterus*) que l'on rencontre principalement sous les tropiques. Elles constituent une grave nuisance lorsqu'elles sont présentes en abondance, ce qui est le plus souvent le cas quand les logements laissent à désirer. Elles jouent un rôle mineur dans la transmission de maladies, encore qu'elles soient peut-être des vecteurs du virus de l'hépatite B.

Biologie

Les punaises de lit ont un corps oval aplati dépourvu d'ailes et mesurent 4 à 7 mm de long. De couleur brunâtre brillante, elles se gonflent après un repas de sang et prennent alors une coloration brun foncé. On distingue trois stades dans le cycle de développement de la punaise: l'œuf, la nymphe et l'adulte (Fig. 4.1). De couleur blanche, les œufs mesurent environ 1 mm de long. La nymphe a le même aspect que l'adulte, mais elle est plus petite. Le développement complet, du stade de l'œuf à celui de l'adulte, prend de six semaines à plusieurs mois, selon la température et l'abondance de la nourriture. Le mâle comme la femelle se nourrit de sang en piquant des personnes endormies, pendant la nuit. A défaut d'humains, la punaise de lit s'attaque à divers animaux, dont la souris, le rat et le poulet. Un repas de sang dure 10 à 15 minutes chez l'adulte, moins longtemps chez la nymphe et il en faut un tous les trois jours environ. Pendant la journée, la punaise se cache dans des endroits sombres et secs, dans les lits, les matelas, les fissures des murs et du sol et le mobilier; on la trouve également cachée derrière les tableaux et sous le papier peinte; les cachettes servent également de gîtes larvaires. Dans les pays au climat chaud, les punaises pullulent souvent dans les chambres à coucher. Dans les climats plus frais, les chambres chauffées offrent également un habitat favorable aux punaises puisqu'elles ne peuvent se développer qu'au-dessus de 13 °C (Fig. 4.2). Les adultes peuvent survivre plusieurs années sans nourriture.

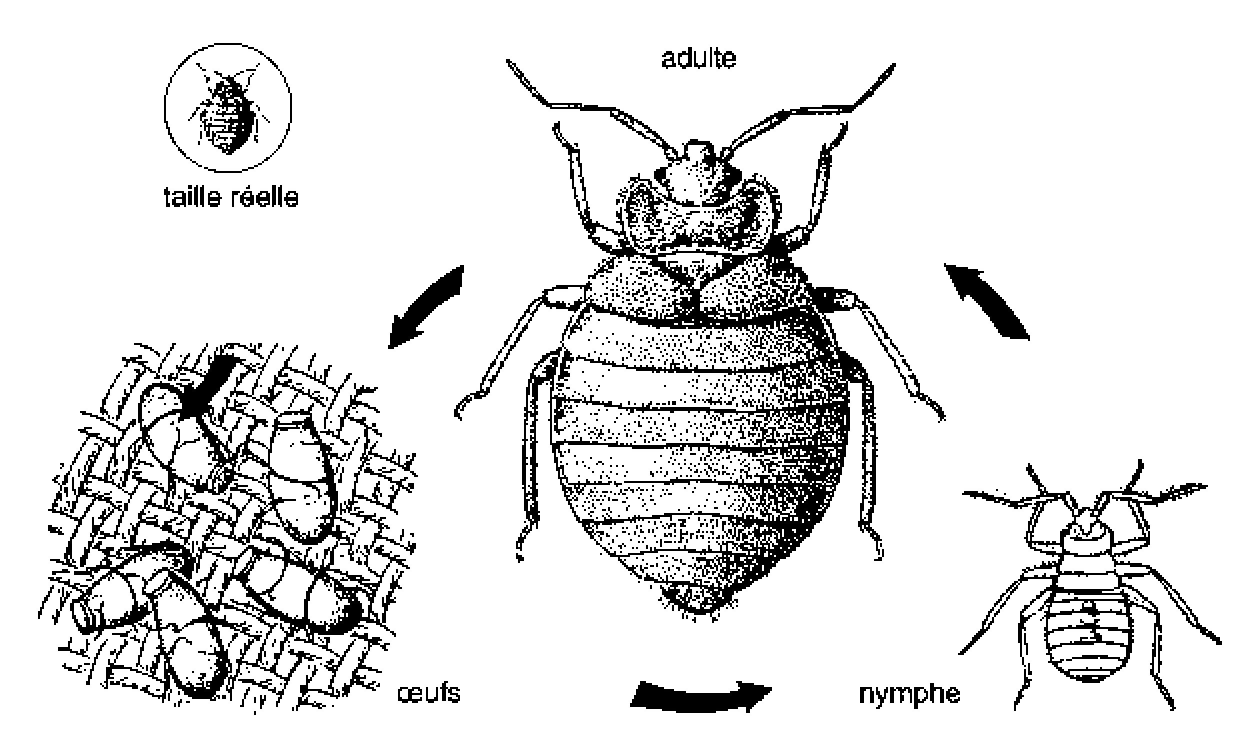


Fig. 4.1 Cycle de développement de la punaise de lit (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum Londres).

Dispersion

Leur absence d'ailes explique que les punaises de lit ne se déplacent que sur de courtes distances. Dans les maisons mal construites où elles trouvent de nombreuses cachettes, elles passent d'une chambre à l'autre en marchant par terre; leur passage d'une maison à l'autre se fait principalement à l'occasion du déménagement d'articles usagés - meubles, literie *et,* parfois, vêtements.

Importance pour la santé publique

Les punaises de lit ne sont pas considérées comme des vecteurs de maladie. On les avait incriminées dans la transmission du virus de l'hépatite B (*1, 2*), mais cette hypothèse a été contredite par une étude récente en Gambie (*3*). Les punaises tirent principalement leur importance de la gêne qu'occasionnent leurs piqûres. Certaines personnes, spécialement en cas d'exposition prolongée, sont insensibles ou presque à ces piqûres qui prennent chez elles la forme d'une petite tache rouge parfois non prurigineuse. Les personnes qui n'ont jamais été piquées auparavant peuvent en revanche présenter une inflammation locale et souffrir d'un prurit intense et d'insomnie. La piqûre provoque un œdème blanchâtre et dur qui continue souvent à saigner. Les lésions de grattage peuvent déterminer une surinfection.

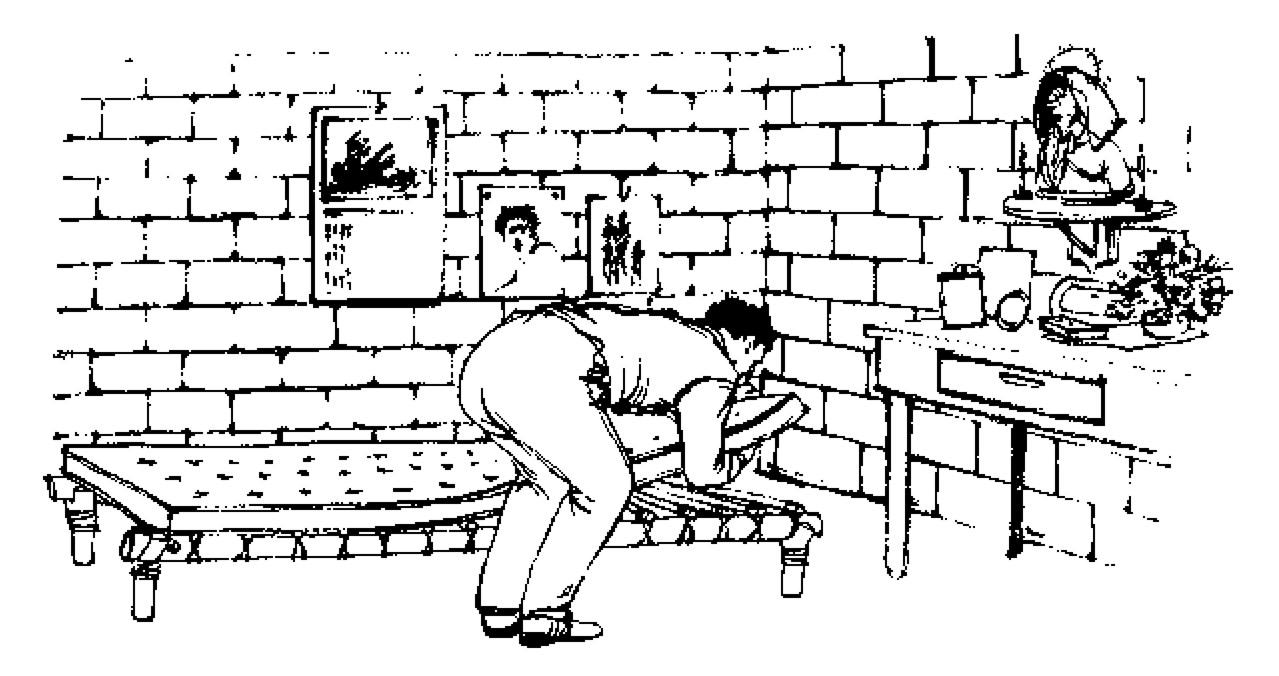


Fig. 4.2 Les punaises de lit se trouvent presque toujours dans les chambres à coucher.

Dans les logements fortement infestés dont les occupants peuvent être piqués une centaine de fois par nuit sinon plus, la spoliation sanguine provoquée par les piqûres peut déterminer une anémie modérée chez le nourrisson.

Mesures de lutte

Les punaises de lit sont capables de changer rapidement de place lorsqu'elles sont dérangées et elles passent relativement inaperçues au moment où elles piquent. Certaines personnes ne sont pas même conscientes d'être piquées chaque nuit par un grand nombre de punaises. C'est dire que des mesures de lutte ne doivent être adoptées que si la présence de ces insectes est certaine.

Dépistage

L'infestation peut être attestée par la découverte, dans les cachettes potentielles des punaises, d'insectes vivants, de mues, d'œufs ou de déjections. Ces dernières peuvent

également être visibles sous la forme de petites taches noires ou brun foncé sur les draps de lit, les murs et le papier peint (*4*). Une maison où pullulent les punaises de lit peut prendre une odeur déplaisante caractéristique. Pour repérer des punaises vivantes, on peut pulvériser dans les fissures et anfractuosités, un aérosol à base de pyrèthre dont l'effet irritant déloge les insectes.

Répulsifs

Le diéthyltoluamide (DEET) et d'autres répulsifs actifs sur les insectes le sont aussi sur les punaises de lit. Ces produits sont utilisables par les voyageurs qui doivent dormir dans une maison infestée. Cependant, il est peu probable que l'application du répulsif sur la peau protège toute la nuit. Les serpentins dont on se sert contre les moustiques assurent sans doute une certaine protection (voir Chapitre 1).

Mesures simples utilisables par les ménages

Des punaises de lit en petit nombre peuvent se rencontrer dans n'importe quel ménage, spécialement si le mobilier ou la literie sont de seconde main. Pour venir à bout d'une infestation légère, il faut nettoyer à fond les articles infestés, en les arrosant d'eau bouillante puis en les exposant au soleil. Une bombe aérosol permet de pulvériser un insecticide à usage domestique sur les matelas, dans les fissures des murs et les autres cachettes possibles. Parmi les insecticides efficaces, il faut citer les pyréthrinoïdes, le propoxur, le bendiocarbe et le dichlorvos. L'opération doit être renouvelée si l'on découvre encore des punaises au bout de quelques semaines.

Nébuliseur à éjection totale

Il s'agit d'un appareil analogue à une bombe aérosol, mais qui est conçu de manière à émettre d'un coup la totalité de son contenu grâce à une valve spéciale. L'aérosol libéré contient des gouttelettes relativement grosses qui pénètrent mal à l'intérieur des fissures. Il ne faut pas utiliser à cette fin les bombes contenant un mélange d'insecticide et de kérosène à cause du risque d'explosion.

Moustiquaires imprégnées

Les moustiquaires imprégnées d'un pyréthrinoïde suffisamment persistant sont efficaces contre les punaises de lit qui sont tuées ou repoussées (Fig. 4.3) (*5, 6*). Elles sont de plus en plus appréciées comme moyen de protection contre les moustiques vecteurs du paludisme. Un avantage annexe de ces moustiquaires, fréquemment signalé, consiste dans la disparition totale des punaises de lit et des poux de tête, ce qui explique la faveur dont elles jouissent dans les régions infestées par les punaises de lit.

Générateurs de fumée

Les générateurs de fumée qu'on trouve dans le commerce et qui contiennent en général des pyréthrinoïdes comme insecticide peuvent être employés pour pratiquer une fumigation à l'intérieur des maisons. La combustion dure 3 à 15 minutes, et l'appareil n'est utilisable qu'une seule fois. Il dégage une fumée contenant de très petites gouttelettes d'insecticide qui peuvent pénétrer dans les fissures et les anfractuosités et y tuer les punaises de lit, les puces, les mouches, les moustiques et

les acariens transportés par les rats tropicaux. Les générateurs de fumée ne fonctionnent pas toujours bien, car il arrive que l'insecticide se dépose sur les surfaces horizontales sans pénétrer à l'intérieur des fissures profondes. Ces appareils ont un effet de courte durée et n'empêchent pas une réinvasion à partir des habitations voisines non traitées. On s'en sert principalement lorsqu'il faut agir dans l'urgence. On trouvera au Chapitre 3 la description d'une cartouche fumigène mise au point en Amérique du Sud contre les réduves, ainsi que des instructions générales sur la façon de procéder à la fumigation d'une maison (Fig. 4.4). Cette cartouche contient un insecticide irritant qui déloge les réduves de leurs cachettes.

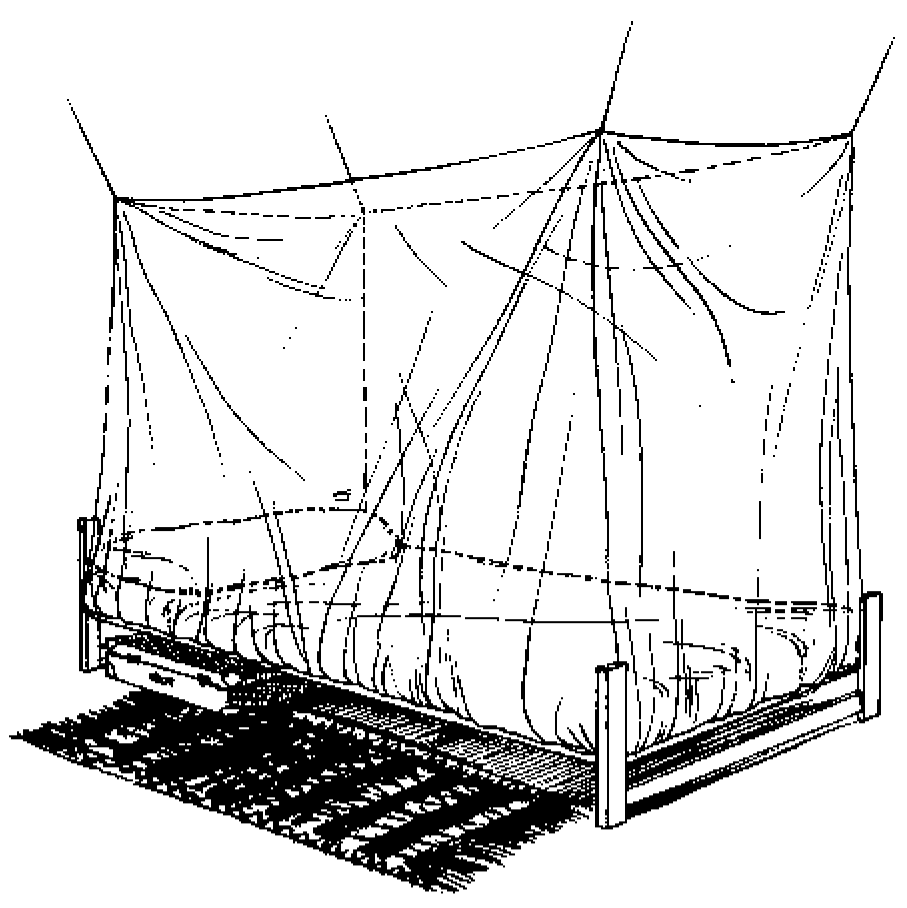


Fig. 4.3 L'utilisation de moustiquaires imprégnées d'un pyréthrinoïde peut réduire, voire supprimer, l'infestation par les punaises de lit et les poux de tête.

Insecticides à effet rémanent

En cas d'infestation massive d'une maison, il faut utiliser un insecticide très persistant. En principe, un traitement suffit pour éliminer les punaises de lit, mais, si l'infestation persiste, il faut renouveler le traitement à intervalles d'au moins deux semaines. Dans de nombreux pays, les punaises de lit sont souvent résistantes au DDT, au lindane et à la dieldrine. Il faut donc choisir un insecticide d'efficacité démontrée contre la population visée (voir Tableau 4.1). L'addition d'un irritante par exemple de la pyréthrine à 0,1-0,2%, aide à faire sortir les punaises de lit de leurs cachettes, ce qui accroît leur exposition à l'insecticide à effet rémanent. La plupart des pyréthrinoïde s sont efficaces à la fois pour déloger les nuisibles de leurs cachettes et pour les tuer.

L'épandage d'un insecticide à effet rémanent se fait avec un pulvérisateur manuel à pression préalable (voir Chapitre 9). Il faut apporter un soin particulier aux matelas, aux meubles et aux fissures et anfractuosités des murs et du sol (Fig. 4.5). En cas d'infestation massive, il faut pulvériser le produit sur les murs et le sol jusqu'à ce qu'ils soient visiblement mouillés (point de ruissellement). En général, cela correspond à 1 litre de produit pour 50 m^2 sur une surface non absorbante et à au moins 5 litres pour la même superficie sur une surface absorbante, par exemple un mur en adobes. Dans les pays tropicaux humides, l'opération doit se faire le matin afin que les pièces aient le temps de sécher et qu'on puisse y entrer de nouveau le soir. Des précautions sont nécessaires avec les matelas et la literie de façon qu'ils ne soient pas tachés ni détrempés; de plus, il faut bien les aérer et les faire sécher avant de s'en resservir. Pour les matelas et la literie, on peut utiliser une formulation insecticide en poudre répandue avec un appareil à main pour éviter de mouiller les surfaces traitées. Il ne faut pas utiliser d'insecticide à effet rémanent pour la literie des nourrissons, mais un insecticide peu persistant, comme on en trouve dans la plupart des bombes aérosols.

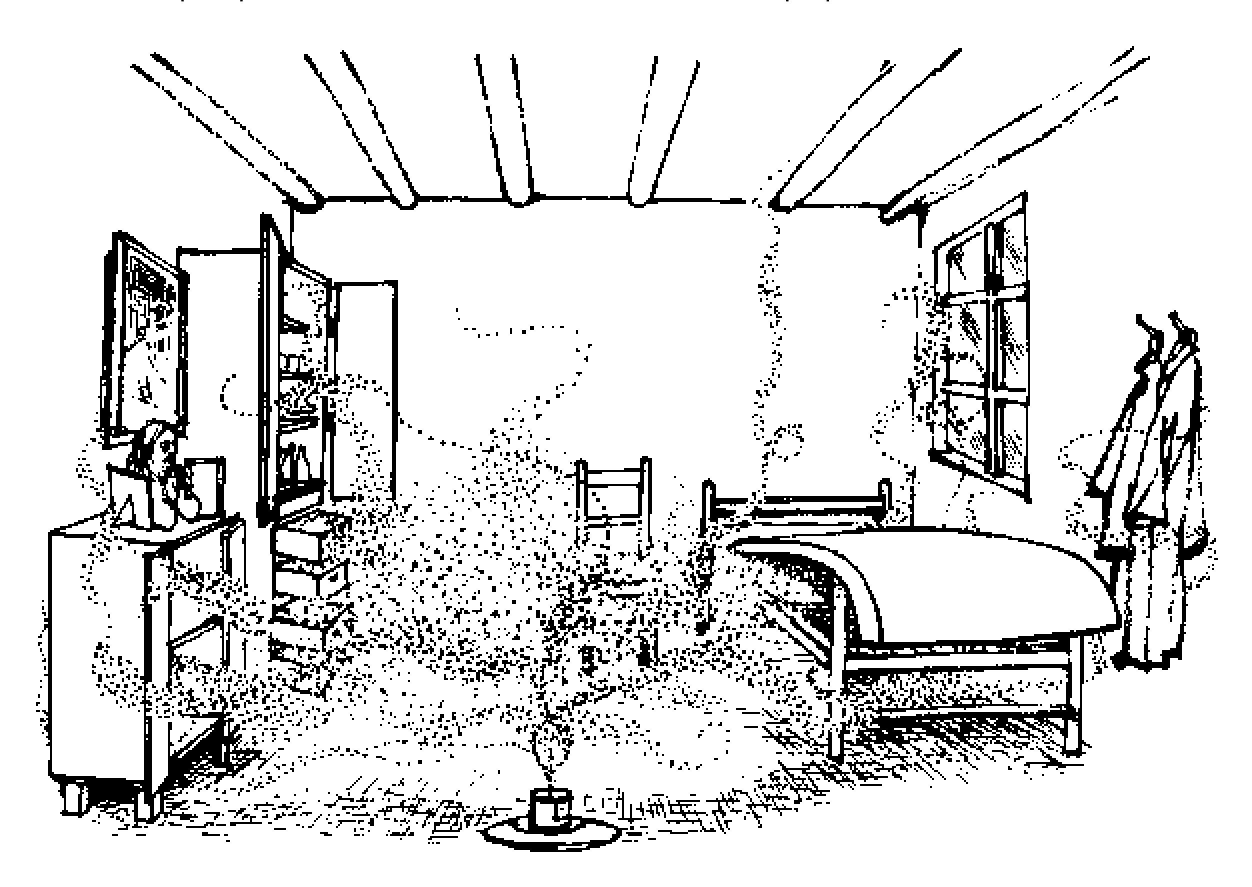


Fig. 4.4 La cartouche fumigène dégage un insecticide sous forme de vapeur pendant une durée pouvant atteindre 15 minutes.

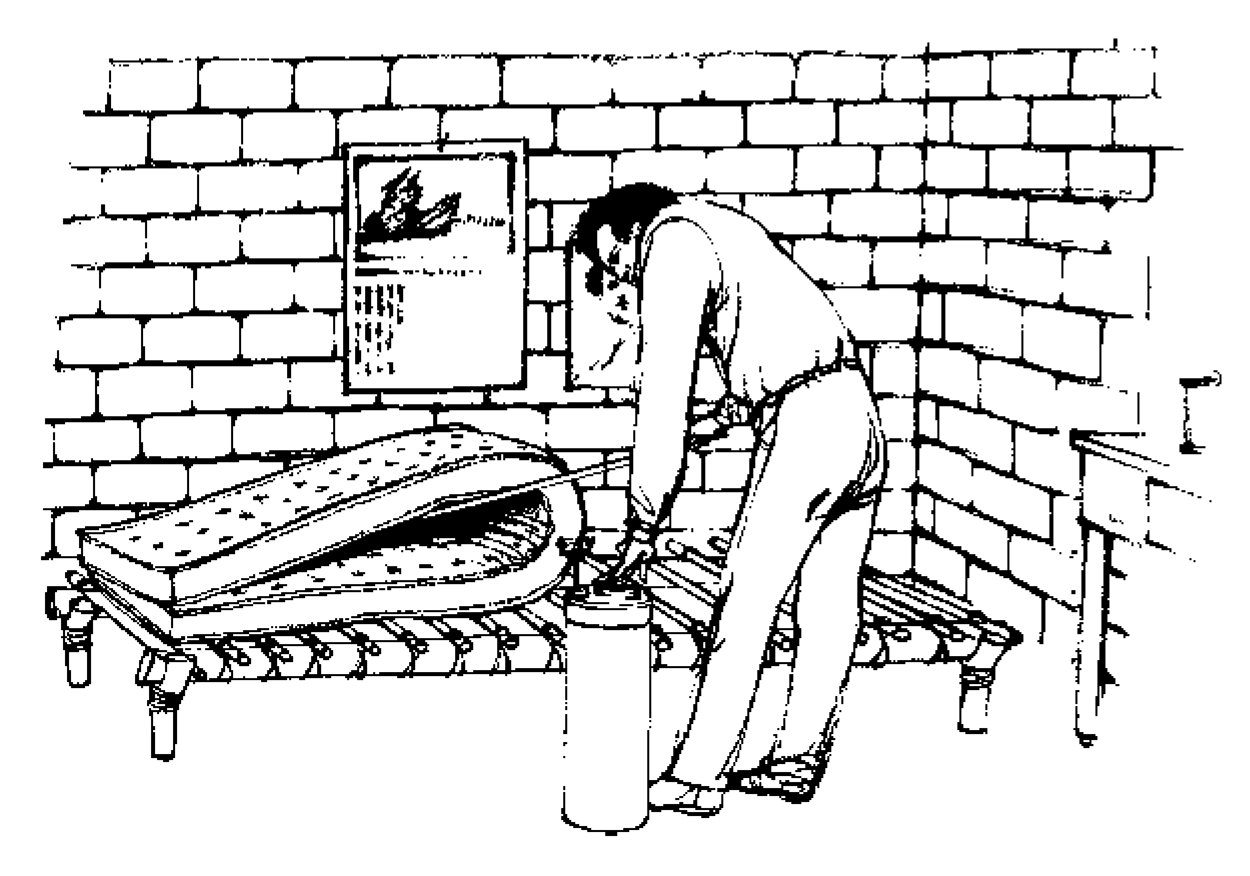


Fig. 4.5 Pulvérisation d'un insecticide à effet rémanent sur les matelas, les fissures des murs et du sol et les autres cachettes possibles, au moyen d'un pulvérisateur manuel à pression préalable.

Tableau 4.1
Insecticides à effet rémanent utilisables contre les punaises de lit

Insecticide	**Concentration dans le produit pulvérisé (%)**
malathion	2,0
fénitrothion	0,5-1,0
propoxur	2,0
carbarile	1,0
diazinon	0,5
bendiocarbe	0,2-0,3
fenchlorvos	1,0
pirimiphos-méthile	1,0
propétamphos	0,5-1,0
perméthrine	0,5
cyfluthrine	0,01
deltaméthrine	0,005
lambdacyhalothrine	0,005

Punaises de lit et lutte contre les vecteurs du paludisme

Les campagnes de pulvérisations intradomiciliaires, effectuées dans le cadre de la lutte antipaludique, ont reçu un très bon accueil dans de nombreux pays tropicaux en partie parce que les punaises de lit étaient tuées du même coup. Malheureusement, ces insectes sont rapidement devenus résistants aux insecticides, d'où de nombreuses plaintes au sujet de l'«inefficacité» des produits qui continuaient pourtant à tuer les moustiques.

Une autre explication à l'augmentation du nombre des punaises de lit observées serait que l'insecticide les chasse de leurs cachettes à cause de son effet irritant. En voyant davantage de punaises de lit qu'auparavant, les habitants croient que les pulvérisations sont responsables de l'augmentation de la population d'insectes (*7, 8*).

Pour cette raison, de nombreux occupants ont refusé l'accès de leur logement aux équipes de pulvérisation employées dans la lutte antipaludique. Dans certaines régions, il se peut que la présence de punaises de lit ait ainsi contribué indirectement à l'inefficacité du programme de lutte antipaludique.

Puces

Les puces sont de petits insectes hématophages dépourvus d'ailes (ordre des Siphonaptères aussi appelé Aphaniptères) qui se déplacent en sautant de façon caractéristique. Elles se nourrissent principalement en piquant les mammifères, mais également les oiseaux. Sur les 3000 espèces connues, une bonne dizaine seulement s'attaquent couramment à l'Homme. Les espèces les plus importantes sont la puce du rat, la puce de l'Homme et la puce du chat (Fig. 4.6). La piqûre de puce peut être irritante et très désagréable et peut provoquer une spoliation sanguine. La puce du rat tire son importance du fait qu'elle est un vecteur des agents de la peste bubonique et du typhus murin. Occasionnellement, la puce du chat transmet le tænia à l'homme. La puce chique pénètre dans l'épiderme humain et peut provoquer des infections. On observe des puces hématophages qui piquent l'homme dans la plupart des régions du monde.

Biologie

Le cycle de développement de la puce comporte quatre stades: œuf, larve, nymphe et adulte (Fig. 4.7). La puce adulte mesure 1 à 4 mm de long; elle a un corps étroit et aplati. Elle est dépourvue d'ailes, mais possède des pattes sauteuses puissantes. Sa couleur est variable, du brun clair au brun foncé. Les larves mesurent de 4 à 10 mm de long et sont de couleur blanche; malgré leur absence de pattes, elles sont très mobiles. Le cocon (qui entoure la nymphe) est bien camouflé car il est collant, de sorte qu'il se recouvre rapidement de poussière, de sable ou d'autres particules fines.

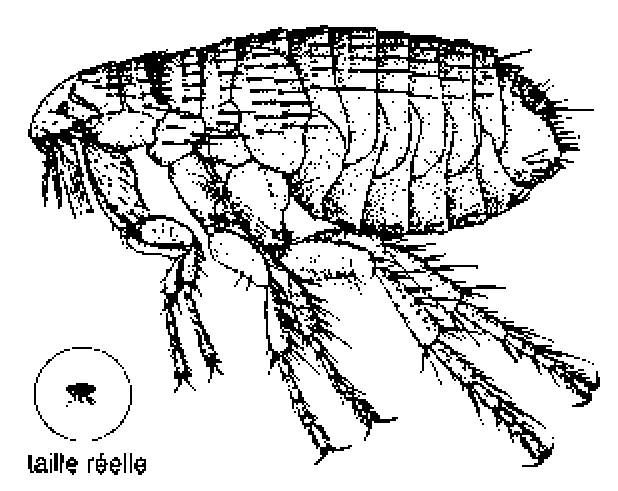


Fig. 4.6 Puce du chat (*Ctenocephalides felis felis*) (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

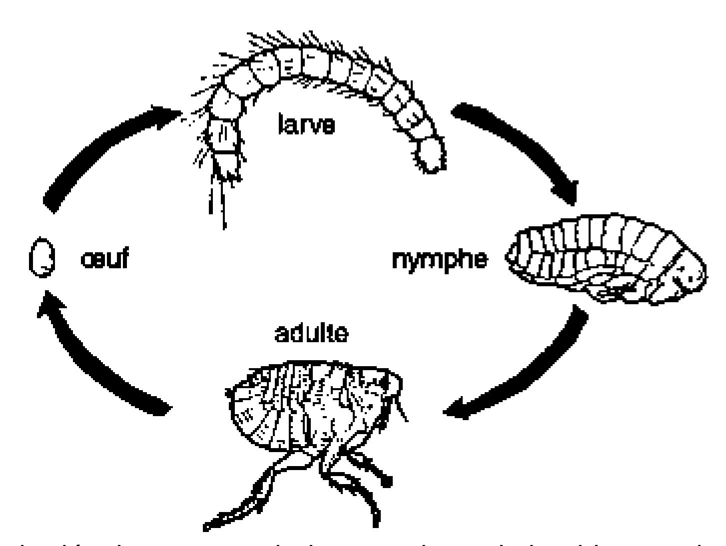


Fig. 4.7 Cycle de développement de la puce (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

La puce est hématophage dans les deux sexes. Elle se reproduit à proximité des endroits où son hôte se repose et dort, dans la poussière, sur la terre battue et les détritus, dans les fissures des murs et du sol, les tapis, les terriers et les nids. Son développement exige une forte humidité. La larve se nourrit de matières organiques: déjections de l'hôte, petits insectes morts et sang non digéré rejeté par des puces adultes. A la fin du stade larvaire, la puce file un cocon blanchâtre peu serré à l'intérieur duquel elle poursuit son développement, se transformant en nymphe.

La puce atteint son plein développement au bout de 1 à 2 semaines, mais le nouvel adulte ne sort du cocon que sous l'effet d'un stimulus, par exemple les vibrations provoquées par les mouvements de son hôte. Dans les maisons vides, elle peut survivre jusqu'à un an dans son cocon. L'installation de nouveaux occupants dans une maison restée vide peut provoquer l'émergence simultanée de nombreux imagos qui sortent de leur cocon et s'attaquent massivement à l'Homme ou aux animaux. Dans des conditions optimales, le développement du stade de l'œuf au stade adulte prend 2 à 3 semaines.

Comportement

Les puces fuient la lumière et se trouvent principalement dans le pelage (Fig. 4.8) ou le plumage des animaux ou encore dans les lits ou les vêtements de l'Homme. Quand elle le peut, une puce fait plusieurs repas de sang au cours de la journée ou de la nuit. On reconnaît une infestation massive à la présence, sur les vêtements et la literie, de taches de sang non digéré régurgité ou rejeté par les puces. La plupart des espèces de puce ont comme hôtes habituels une ou deux espèces seulement, mais, en l'absence de leur hôte normal, elles prennent leurs repas de sang sur d'autres animaux ou sur l'homme. Les puces adultes peuvent survivre plusieurs mois sans se nourrir. Elles se déplacent en sautante certaines espèces pouvant faire des bonds de 30 cm de haut.



Fig. 4.8 Lorsqu'un chat se gratte, c'est le signe qu'il a des puces.

Importance pour la santé publique

Nuisance

L'Homme est très couramment piqué par la puce du chat, *Ctenocephalides felis,* et, moins souvent, par celle du chien, *C. canis.* Malgré son nom, la puce dite de l'Homme (*Pulex irritans*) est moins importante. Les puces sautent à partir du sol et piquent fréquemment l'Homme au niveau des chevilles et des jambes, les parties les plus accessibles, encore qu'elles puissent s'en prendre à un dormeur dans n'importe quelle partie du corps. La piqûre de puce est irritante et parfois extrêmement désagréable. En cas d'infestation massive, on peut observer des réactions allergiques et une dermatite.

Peste

La peste est une maladie provoquée par un bacille, *Yersinia pestis.* Elle frappe principalement des animaux sauvages, par exemple le rat et d'autres rongeurs. Le bacille de Yersin est transmis par les puces, et l'Homme peut être contaminé par des

puces qui se sont elles-mêmes nourries sur un animal infecté. Sous le nom de peste noire, la peste a autrefois provoqué des épidémies catastrophiques.

Elle reste dangereuse du fait de sa présence fréquente dans les populations de rongeurs. La peste rurale ou selvatique peut être contractée dans l'ouest des Etats-Unis d'Amérique, en Amérique du Sud, en Afrique, en ex-URSS, dans certaines régions de la Méditerranée orientale, ainsi qu'en Asie centrale et en Asie du Sud-Est. La peste est fréquente chez l'homme dans plusieurs pays d'Afrique, en Bolivie/Brésil du Nord-Est, en Equateur, au Myanmar, au Pérou et au Viet Nam (*9*).

L'Homme contracte la *peste rurale* lorsqu'il vient s'installer dans une région rurale et manipule des animaux sauvages. Les personnes les plus exposées sont les chasseurs qui risquent d'être piqués par une puce infectée lorsqu'ils manipulent un animal qu'ils viennent de tuer.

La *peste urbaine* peut sévir lorsque des rats qui vivent à l'intérieur et autour des habitations sont infectés. Les puces du rat (appartenant à l'espèce *Xenopsylla*) qui prennent normalement leurs repas de sang sur des rats peuvent à l'occasion piquer l'Homme et lui transmettre la maladie. Quand des rongeurs infectés par le bacille pesteux meurent, les puces s'en éloignent et risquent alors de s'attaquer à l'homme et de le contaminer. D'autres puces, par exemple celle de l'Homme, peuvent ensuite assurer la transmission interhumaine.

Du point de vue clinique, on distingue trois formes de peste:

- *Peste bubonique.* Des tuméfactions (bubons) remplies de bacilles se développent dans les ganglions lymphatiques, spécialement au niveau de l'aisselle et de l'aine. Cette forme est normalement transmise à l'homme par des puces infectées. En l'absence de traitement, elle est mortelle dans environ 50% des cas.

- *Peste pulmonaire.* Il s'agit d'une forme secondaire comportant une atteinte pulmonaire. Elle est extrêmement contagieuse du fait de la transmission de bacilles d'un individu à l'autre par l'intermédiaire des crachats et des gouttelettes de Pflügge émises par un malade lorsqu'il tousse ou éternue. La peste pulmonaire a provoqué des épidémies au cours des siècles passés, faisant des millions de victimes. En l'absence de traitement, elle est très souvent mortelle.

- *Peste septicémique.* L'invasion du flux sanguin par le bacille de Yersin entraîne la mort du sujet avant que l'une des deux formes précédentes de peste ait le temps de se développer.

Prévention et lutte

Une immunité partielle s'installe à la suite d'une infection. Il existe un vaccin qui assure une protection, mais pendant quelques mois seulement. La streptomycine, la trétracycline ou ses dérivés et le chloramphénicol sont extrêmement efficaces lorsqu'ils sont administrés dans la journée qui suit l'apparition des symptômes.

On maîtrise rapidement la peste urbaine en épandant une poudre insecticide dans les terriers et sur les pistes des rongeurs: la poudre se fixe rapidement sur la fourrure des

animaux et tue les puces vectrices qui y sont abritées. Ce poudrage doit être suivi de mesures de lutte contre les rongeurs.

Les personnes qui travaillent sur le terrain peuvent se protéger en saupoudrant leurs vêtements d'insecticide, en portant des vêtements imprégnés ou en utilisant des répulsifs, et cela de façon quotidienne.

Typhus murin

Le typhus murin est provoqué par *Rickettsia typhi* et sévit de façon sporadique dans les populations de rats et de souris. Sa transmission est assurée principalement par la puce du rat et la puce du chat, de sorte que l'homme peut se contaminer lorsqu'il entre en contact avec les déjections de puce desséchées ou des puces écrasées. Le typhus murin est cosmopolite et s'observe là où l'homme et le rat vivent dans les mêmes bâtiments. Ses symptômes sont analogues à ceux du typhus exanthématique (à poux) (voir p. 281) mais de moindre gravité.

Prévention et lutte

L'immunité est acquise après la première infection. Le traitement des malades est le même que pour le typhus exanthématique (voir p. 281). La lutte consiste à épandre un insecticide à effet rémanent sur les pistes des rats ainsi que dans leurs nids et les endroits leur servant de cachettes. Quand on arrive ainsi à tuer effectivement les puces, on peut ensuite prendre des mesures de lutte contre les rongeurs (voir p. 274, encadré).

Autres maladies

Les puces transmettent occasionnellement d'autres maladies bactériennes ou parasitaires des animaux à l'homme, par exemple la tularémie provoquée par le bacille *Francisella tularensis* et les téniases du chien et du chat. Les enfants qui jouent avec des animaux de compagnie peuvent se contaminer en avalant des puces qui hébergent des vers au stade infectieux.

Mesures de lutte

Les mesures de lutte préconisées diffèrent selon qu'on voit dans la puce une nuisance ou un vecteur de maladies.

La puce en tant que nuisance

Protection individuelle

L'application sur la peau et les vêtements d'un répulsif efficace comme le DEET détourne les puces de s'attaquer à l'homme. En application cutanée, ces répulsifs ont l'inconvénient de n'être efficaces que quelques heures (voir Chapitre 1). On obtient une protection plus durable en saupoudrant les vêtements d'insecticide (voir p. 287) ou en portant des vêtements imprégnés d'insecticide (voir Chapitre 1).

Mesures d'hygiène élémentaire

Il est possible d'éliminer réellement les puces, ainsi que leurs œufs, larves et cocons, en balayant soigneusement les habitations et en lavant le sol. On obtient aussi de bons résultats en passant l'aspirateur. Lorsque de nouveaux occupants s'installent dans une maison contaminée restée vide un certain temps, cela peut provoquer une éclosion imaginale abondante et de nombreuses puces s'attaquent à l'homme. Il est recommandé de traiter le sol au moyen d'un détergente d'un insecticide ou d'une solution benzénique de naphtalène; on veillera à ne pas inhaler des vapeurs de benzène.

Application d'insecticides

On peut venir à bout d'une infestation massive en appliquant un insecticide, par pulvérisations ou poudrage, dans les fissures et anfractuosités, dans les angles des pièces et dans tous les endroits où des puces et leurs larves sont susceptibles d'être présentes. On peut aussi appliquer des insecticides sur les vêtements et sur le pelage des animaux. Les cartouches fumigènes qui libèrent un aérosol d'insecticide à action rapide (comme les pyréthrinoïdes, le propoxur et le bendiocarbe) assurent la destruction directe des puces et sont commodes à utiliser (voir p. 262 et Chapitre 3). Mais l'effet du produit est de courte durée et la réinfestation peut être rapide.

Puces du chat et du chien

Des puces peuvent être découvertes dans le pelage des chats et des chiens, autour du cou et sur le ventre. Le traitement consiste dans l'application d'un insecticide, sous forme de poudre, de pulvérisation ou de shampooing; on peut également immerger l'animal entièrement. Le poudrage est moins dangereux que les pulvérisations, car le risque d'absorption cutanée est moindre avec un insecticide sous forme sèche. De plus, les poudres ont moins d'odeur et elles sont moins nocives pour la peau. Il ne faut pas utiliser le carbaryl ni le malathion chez les chatons ou les chiots de moins de quatre semaines. Les animaux d'agrément peuvent être équipés d'un collier anti-puces en plastique, imprégné d'insecticide. Ces colliers sont efficaces 3 à 5 mois alors que les autres traitements n'ont qu'une efficacité de courte durée.

Depuis peu, on utilise contre les puces du chat et du chien le lufénuron en comprimés. Ces derniers sont administrés une fois par mois à raison de 30 mg/kg de poids corporel chez le chat et de 10 mg/kg de poids corporel chez le chien et peuvent être donnés sans danger aux femelles gestantes ou allaitantes. Le lufénuron est absorbé par la puce femelle lors d'un repas de sang et il agit en inhibant le développement de l'œuf (*10*).

Lorsqu'on emploie une poudre, on peut se servir d'une boîte poudreuse, mais il faut ensuite frotter pour faire pénétrer le produit profondément à l'intérieur des poils (Fig. 4.9). La poudre ne doit pas pénétrer dans les yeux, les narines et la gueule des animaux. La quantité appliquée sur l'abdomen doit être limitée, car l'animal va absorber du produit en se léchant. Il faut commencer l'application au-dessus des yeux puis progresser vers l'arrière, en direction de la queue et des hanches, en insistant autour des oreilles et sous les pattes extérieures. Dans le cas d'un petit animale il suffit d'une cuillère à soupe de poudre, tandis que 30g peuvent être nécessaires pour un gros chien. Lorsqu'on procède par pulvérisation, il faut mouiller le pelage à fond. On peut se servir d'un pulvérisateur manuel à pression préalable ou d'une bombe aérosol.



Fig. 4.9 L'application d'une poudre insecticide sur le pelage d'un chien le débarrasse de ses puces.

Le traitement doit parfois être renouvelé, en cas de réinfestation. Des sources de réinfestation importantes sont constituées par les endroits où séjournent longuement les animaux ou les personnes, notamment pour dormir; sont donc en cause les lits et la literie, ainsi que les niches ou chenils. Si possible, il faut incinérer les paillasses des animaux ou les laver à l'eau très chaude et au savon. On peut passer l'aspirateur pour éliminer les tas de poussière contenant des larves et des nymphes de puces et se servir d'un insecticide à effet rémanent pour traiter les locaux infestés. L'utilisation d'un insecticide en poudre ou en solution est possible (*11*). Comme les cocons sont beaucoup moins sensibles aux insecticides que les puces adultes, il faut recommencer le traitement toutes les deux semaines pendant six semaines au total pour être certain de tuer toutes les puces au moment de l'éclosion imaginale (*12*).

Puces de l'Homme

En général, cette espèce de puce ne reste pas sur la personne qu'elle vient de piquer; de jour, elle se repose dans les fissures et anfractuosités des murs, dans les tapis et dans la literie. Le nettoyage régulier des habitations, en particulier des chambres, devrait empêcher une infestation massive.

Une mesure plus efficace consiste à appliquer un insecticide, par poudrage ou pulvérisation, sur les matelas ainsi que dans les fissures du sol et des lits. Si la literie n'est pas traitée, il faut la laver et la nettoyer pendant qu'on applique l'insecticide. Dans de nombreuses régions du monde, les puces sont désormais résistantes au DDT, au lindane et à la dieldrine (*13-15*). On trouvera au Tableau 4.2 une liste d'insecticides susceptibles d'être appliqués par pulvérisation ou poudrage. Il n'est sans doute pas

nécessaire de renouveler le traitement si l'on traite ou nettoie tous les endroits infestés. Il ne faut pas utiliser d'insecticide pour la literie des nouveau-nés mais la laver à fond.

La puce en tant que vecteur de maladies

Lors des épidémies de peste ou de typhus, des mesures de lutte sont nécessaires en deux phases:

1) poudrage des nids de rat pour tuer les puces de ces rongeurs;
2) dératisation.

Une campagne de lutte où l'on se proposerait uniquement de tuer les rongeurs risquerait d'intensifier la transmission de la maladie à l'Homme: la mort de nombreux rongeurs entraînerait en effet la dispersion d'une multitude de puces quittant leur hôte mort à la recherche d'une nouvelle source de sang.

Poudre insecticide

La méthode la plus efficace et la plus courante pour détruire les puces des rongeurs consiste dans le poudrage de DDT à 10%. On utilise de plus en plus d'autres insecticides sous cette même forme (voir Tableau 4.2), car le DDT est désormais inefficace dans les nombreuses régions où les puces sont devenues résistantes, sans compter qu'il pose des problèmes environnementaux.

Tableau 4.2

Insecticides et méthodes d'application efficaces contre les puces

Mode d'application ou d'action	Pesticide et formulation
Pulvérisation d'un produit à effet rémanent	malathion (2%), diazinon (0,5%), propoxur (1,0%), dichlorvos (0,5-1,0%), fenchlorvos (2%), bendiocarbe (0,24%), pyréthrines naturelles (0,2%), perméthrine (0,125%), deltaméthrine (0,025%), cyfluthrine (0,04%), pirimiphos-méthyl (1%)
Poudrage	malathion (2-5%), carbarile (2-5%), propoxur (1%), bendiocarbe (1%), perméthrine (0,5-1,0%), cyfluthrine (0,1%), deltaméthrine (0,05%), téméphos (2%), pirimiphosméthyl (2%), diazinon (2%), fenthion (2%), fénitrothion (2%), iodofenphos (5%), (+)-phénothrine (0,3-0,4%)
Shampooing	propoxur (0,1%), (+)-phénothrine (0,4%)
Pot fumigène	propoxur, dichlorvos, cyfluthrine, perméthrine, deltaméthrine, (+)-phénothrine
Collier anti-puces pour chien ou chat	dichlorvos (20%), propoxur (10%), propétamphos, diazinon
Répulsif	diéthyltoluamide (DEET), diméthylphtalate, benzoate de benzyle

Le poudrage se fait dans les nids et sur les pistes des rongeurs; ainsi que dans les autres endroits où le produit a des chances de s'accrocher à leur pelage quand ils passent. Lors des activités de toilettage, la poudre se répand sur le pelage et tue ainsi les puces.

Avant d'entreprendre la lutte, il importe de savoir où se trouvent les nids et les pistes des rongeurs. Pour économiser l'insecticide, il faut commencer par boucher l'entrée des nids; seuls ceux qui seront rouverts par la suite seront soumis à un traitement insecticide. Le poudrage doit se faire à l'intérieur de chaque nid au moyen d'une poudreuse. Il faut déposer autour de l'ouverture une couche de poudre de 1 cm d'épaisseur. Des couches de 15-30 cm de large doivent être disposées le long des pistes des rongeurs. La poudre ne doit être appliquée qu'aux endroits où elle ne risque pas d'être déplacée par l'Homme ou par le vent. On veillera à ne pas saupoudrer de produit là où il existe un risque de contamination des aliments. De nombreuses poudres insecticides restent efficaces 2 à 4 mois quand on les utilise à l'intérieur, dans des endroits tranquilles.

Une poudreuse à plongeur convient bien pour le poudrage rapide des nids et pistes de rongeurs et celui des greniers et des vides ménagés au-dessous des constructions. Ce modèle est constitué d'une pompe du genre pompe à vélo à laquelle est fixé un récipient contenant la poudre. L'air chassé de la pompe pénètre dans ce récipient, en agite le contenu et l'expulse à travers une buse (Fig. 4.10).

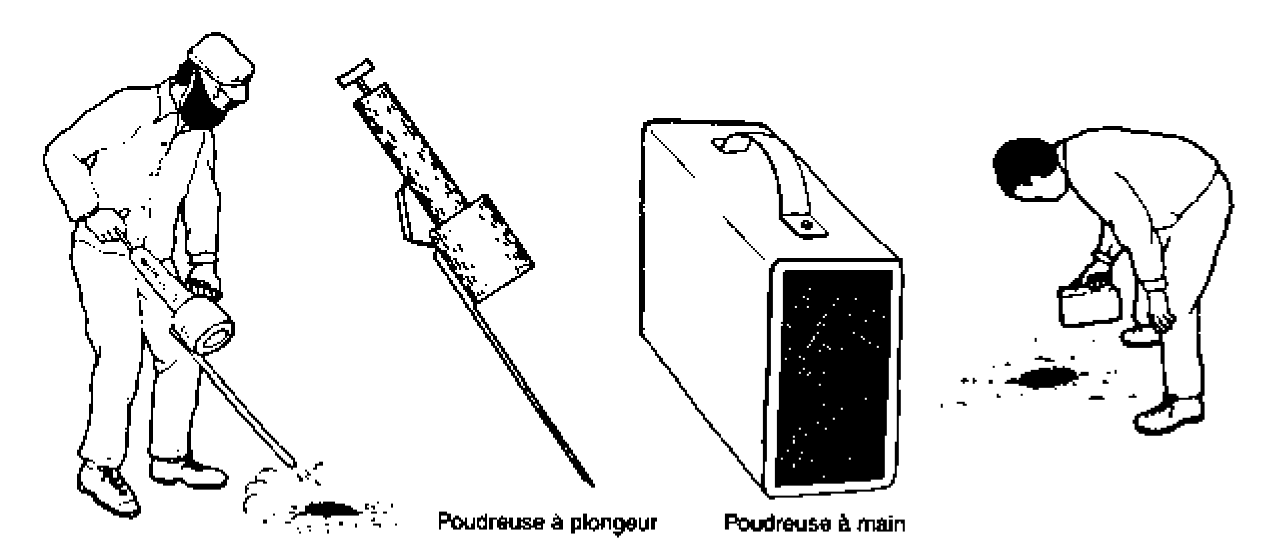


Fig. 4.10 Appareils utilisables pour l'épandage d'une poudre anti-puces (© OMS).

A défaut, on peut se servir d'une poudreuse à main, facile à fabriquer avec un bidon muni à une extrémité d'un tamis de numéro à mailles de 16. On peut également utiliser un bidon dans lequel on perce des trous avec un clou sur l'un des deux fonds. Avec ce type d'appareils, on peut appliquer une poudre insecticide peu toxique sur les vêtements ou sur le pelage des animaux.

Lutte intégrée contre les rats et les puces

Pour endiguer les poussées épidémiques de peste ou de typhus en milieu urbain, on installe des appâts empoisonnés pour les rats et, au même moment ou quelques jours

plus tôt, on applique des insecticides destinés à tuer les puces de ces rongeurs. Conviennent comme raticides la warfarine, la coumafuryle, le difénacoum, le brodifacoum, le coumatétralyl, la bromadiolone, la chlorophacinone et le phosphure de zinc (*16, 17*).

Dans les endroits où l'on conserve des aliments destinés à la consommation humaine ainsi que dans les lieux très fréquentés comme les marchés, il est moins dangereux d'utiliser des boîtes contenant un appât (Fig. 4.11); les rongeurs se couvrent de poudre anti-puces pendant qu'ils mangent l'appât empoisonné, de sorte que la poudre a le temps d'agir avant que l'animal soit mort. Ces boîtes peuvent être disposées le long des pistes de rongeurs, tous les 60 mètres. Un appât qui convient consiste dans un mélange de 100 g de flocons d'avoine avec un raticide.

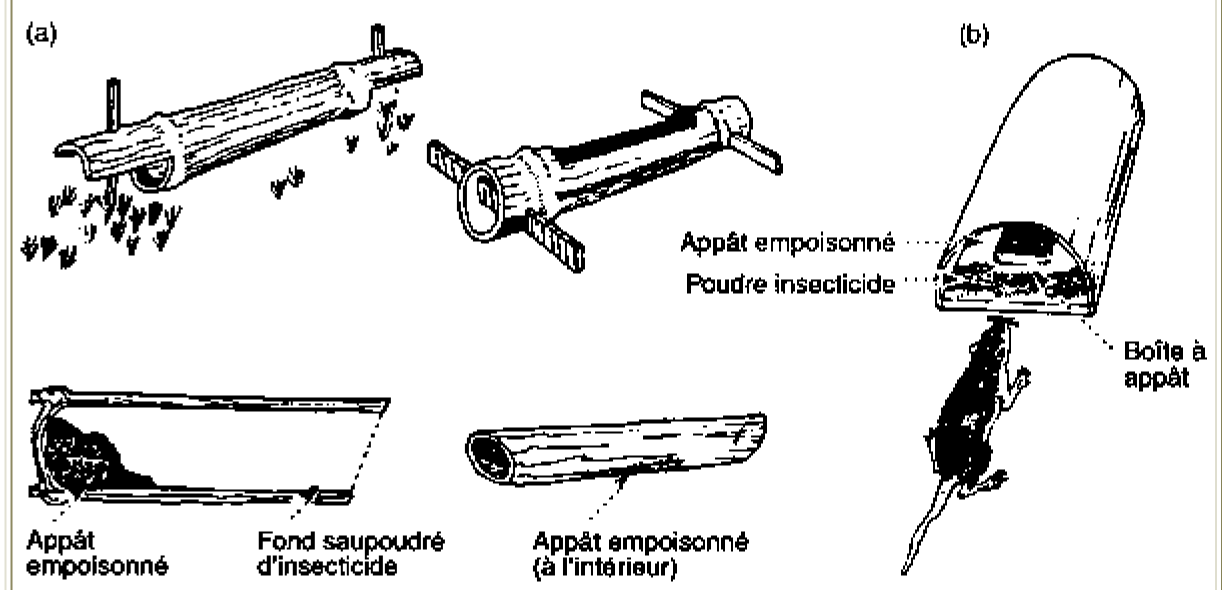


Fig. 4.11 Modèles de boîtes à appât. a) Boîte en bambou. b) Boîte constituée d'une planchette en bois (30 x 20 cm) recouverte d'un toit métallique (© OMS).

Chiques

Apparemment, la puce chique (*Tunga penetrans*) ne transmet pas de maladies à l'Homme mais, à la différence de toutes les autres espèces de puces, elle constitue une nuisance, car la femelle s'enfonce profondément dans la peau. On rencontre les chiques dans les régions tropicales et subtropicales d'Amérique du Sud, d'Amérique centrale, des Antilles et de l'Afrique.

Biologie

La larve de chique vit à l'état libre et se développe dans un sol poussiéreux ou sablonneux. Au débuta l'adulte vit également à l'état libre mais, après la copulation, la femelle fécondée se fixe sous la peau de l'Homme et d'animaux comme le porc, le chien et la volaille en utilisant comme porte d'entrée un territoire cutané mou, par exemple des crevasses plantaires, les espaces entre les orteils et le dessous des ongles des pieds. D'autres régions du corps peuvent également être concernées.

Importance pour la santé publique

En général, une même personne n'est infestée que par une ou deux chiques en même temps, encore qu'une infestation massive, par plusieurs centaines de chiques, ne soit pas impossible. Les personnes qui ne mettent pas de chaussures, par exemple les enfants, sont les plus souvent atteintes. La chique s'enfonce entièrement dans la peau à l'exception de l'extrémité de son abdomen. Elle se nourrit de liquides organiques et se gonfle jusqu'à atteindre la taille, la forme et la couleur d'une baie de gui en 8 à 12 jours (Fig. 4.12). Le corps de la femelle est entièrement rempli de milliers d'œufs qui sont expulsés au cours des semaines suivantes (Fig. 4.13). La plupart des œufs tombent sur le sol où ils éclosent en quelques jours.

Symptômes

L'infestation se manifeste pour commencer par une irritation et un prurit, au moment où la femelle a pratiquement terminé son développement. Parfois, elle entraîne une inflammation et une ulcération sévères. Si la chique femelle meurt dans le tissu cutanée il peut en résulter une surinfection qui risque, si elle n'est pas diagnostiquée, d'aboutir à un tétanos, une gangrène et même à la perte d'un orteil.

L'extrusion naturelle du sac ovaire ou l'extraction de la chique avec une épingle ou une aiguille souillée laisse dans la peau une marque minuscule qui peut s'enflammer. Cette inflammation peut s'étendre et évoluer vers un ulcère septique. Sous un orteil, l'infection peut provoquer la formation de pus.



Fig. 4.12 La puce chique femelle s'attaque aux personnes qui marchent nu-pieds et s'enfonce profondément dans la peau, au niveau des parties molles du pied (*18*).

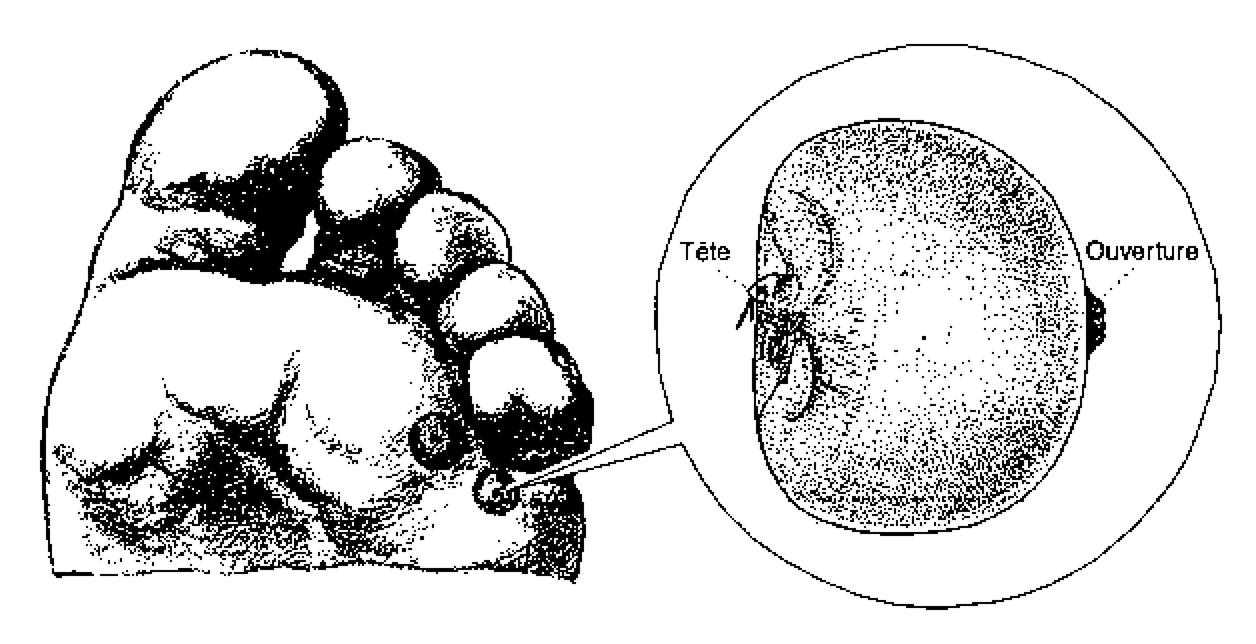


Fig. 4.13 Agrandissement de la zone plantaire où s'est enfoncée une chique. Les œufs sont expulsés à travers l'ouverture centrale de couleur foncée (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

Prévention, lutte et traitement

Les populations de chiques arrivent souvent à subsister dans l'environnement péridomiciliaire en se nourrissant sur le bétail et les animaux domestiques. Il faut s'efforcer de débarrasser ces animaux des chiques. Dans le cas des chiens, on peut leur administrer de l'ivermectine (0,2 mg/kg de poids corporel) ou leur plonger les pattes dans du dichlorvos (0,2%) (*19*). La première méthode peut tuer d'autres parasites, par exemple les larves de *Dermatobia* qui sont responsables d'infections cutanées. Dans les zones contaminées, les habitants doivent examiner leurs pieds tous les jours à la recherche de chiques qui viendraient de s'y enfoncer et qui apparaissent sous la forme de minuscules points noirs prurigineux.

On se prémunit contre les chiques en portant des souliers. Les chiques peuvent également être tenues à l'écart par un répulsif appliqué sur la peau, encore que le produit soit rapidement éliminé si l'on marche nu-pieds directement sur le sol. Quand on peut repérer l'endroit d'où proviennent les chiques, on peut essayer de les détruire en effectuant un brûlis ou en épandant un insecticide convenable sur le sol.

Traitement

Moyennant une certaine habileté, on peut extraire une chique avec une pince ou un objet pointu, par exemple une aiguille, une épine ou la pointe d'un couteau (Fig. 4.14). Pour réduire le risque d'infection, il faut nettoyer l'objet utilisé et l'endroit, si possible à l'alcool. L'extraction peut être indolore, mais on veillera à ne pas faire éclater le sac ovaire. Il existe un risque d'infection si des oeufs ou certaines parties du corps de la chique restent dans la plaie. Après l'extraction, il faut mettre un pansement (imbibé d'alcool ou d'iode) sur la plaie, en opérant en antisepsie, et maintenir cette protection jusqu'à la guérison.

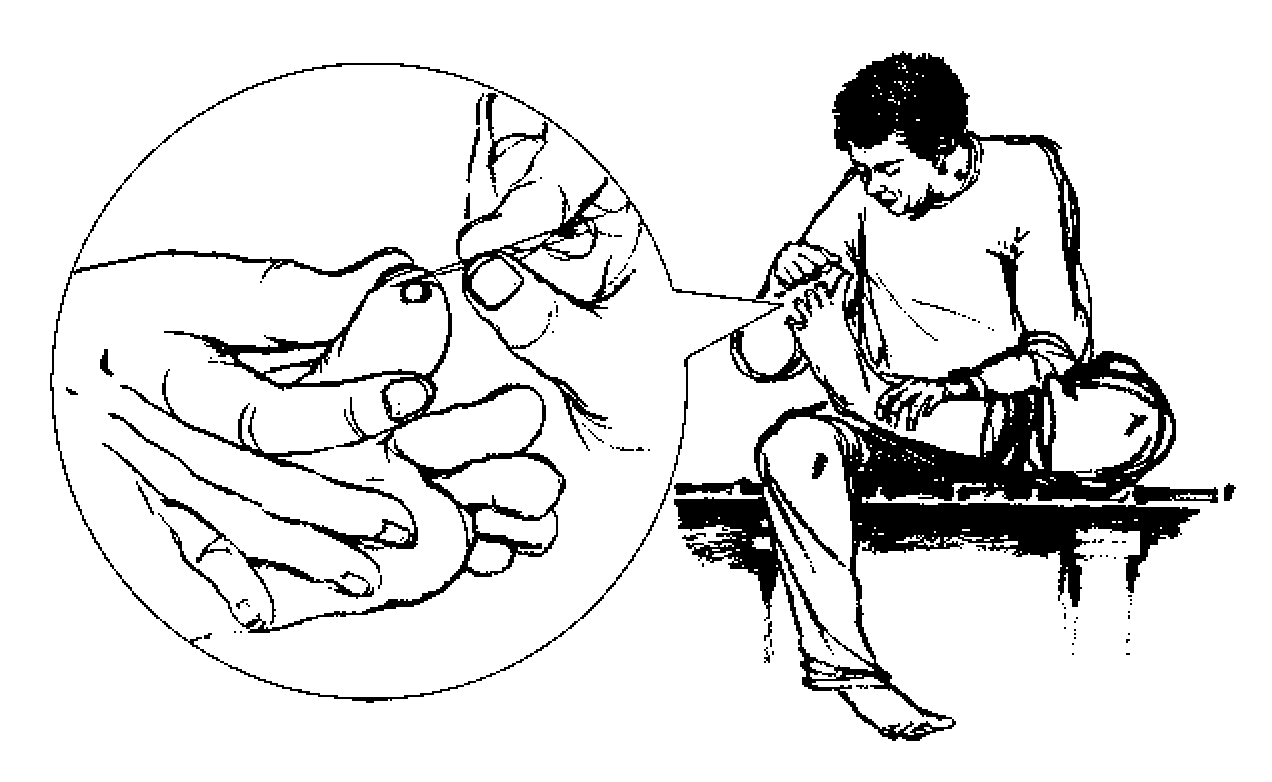


Fig. 4.14 Le sac ovaire de la chique peut être extrait avec un objet pointu.

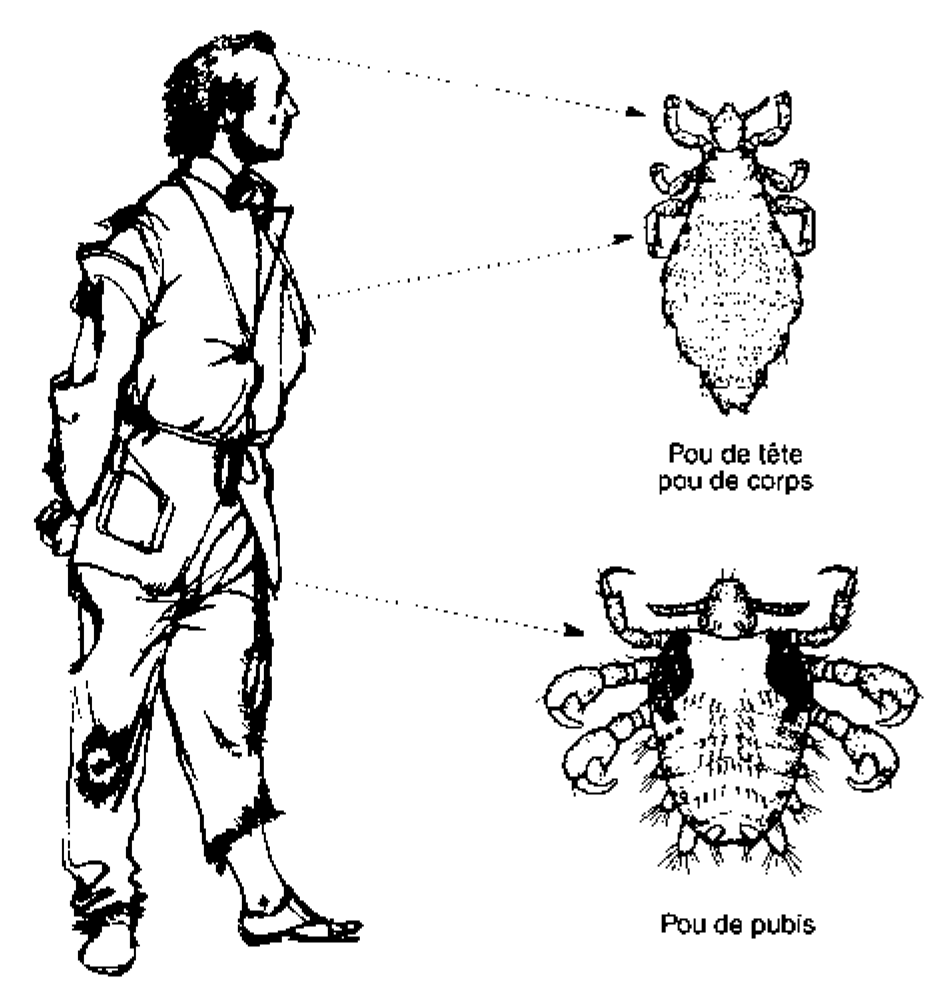


Fig. 4.15 Les poux hématophages qui s'attaquent à l'Homme sont des insectes aplatis sans ailes, avec des pattes structurées de façon à pouvoir s'accrocher aux poils (sujet parasité, © L. Robertson; poux © OMS).

Poux

Les poux sont de petits insectes hématophages qui vivent sur la peau des mammifères et des oiseaux. Trois espèces de poux se sont adaptées à l'Homme: le pou de tête (*Pediculus humanus capitis*), le pou de corps (*Pediculus humanus*) et le pou de pubis (*Pthirus pubis*) (Fig. 4.15). Ces trois espèces sont cosmopolites. Une pédiculose peut déterminer une irritation et un prurit intenses. En outre, le pou de corps peut transmettre le typhus exanthématique, la récurrente à poux et la fièvre des tranchées. Des poussées de typhus exanthématique, qui feraient des milliers de victimes, s'observent parfois dans des régions froides dans des conditions de pauvreté et de suroccupation des logements, spécialement sur certains hauts-plateaux d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie.

Biologie

Les trois espèces de poux citées plus haut vivent en principe exclusivement sur l'Homme en se nourrissant de son sang; leur cycle de développement comporte trois stades: l'œuf, la nymphe et l'adulte (Fig. 4.16). Le développement de l'œuf à l'imago prend une quinzaine de jours. Les œufs nacrés, appelés lentes, se collent à un cheveu

ou à un poil ou, dans le cas du pou de corps, aux fibres textiles fines. La nymphe est analogue à l'adulte, mais beaucoup plus petite. Une fois parvenu à son plein développement, le pou mesure jusqu'à 4,5 mm de long et se nourrit du sang qu'il suce, plusieurs fois par jour. Le pou ne peut se développer que dans un milieu chaud, au contact de la peau de son hôte; si ce contact cesse, il meurt en quelques jours. Les poux se propagent normalement par contact direct, par exemple dans des pièces où dorment un trop grand nombre de personnes ou dans d'autres situations de surpeuplement ou de suroccupation.

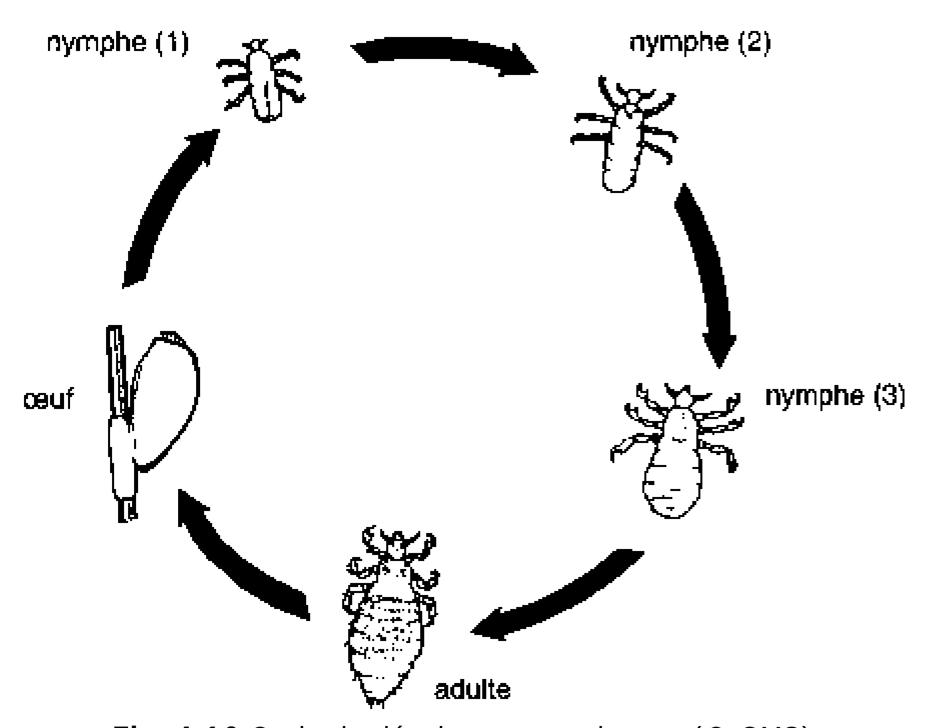


Fig. 4.16 Cycle de développement du pou (© OMS).

Les trois espèces de poux qui parasitent l'Homme se rencontrent sur des parties du corps différentes:

- le pou de tête est un parasite du cuir chevelu, particulièrement fréquent chez l'enfant sur l'arrière du crâne et derrière les oreilles;

- le pou de pubis se trouve principalement dans la pilosité pubienne, mais il peut se propager dans d'autres parties du corps recouvertes de poils, mais rarement dans le cuir chevelu;

- le pou de corps se trouve dans les vêtements aux endroits où il est en contact direct avec le corps; il ressemble au pou de tête, mais avec une taille légèrement supérieure.

Poux de corps

Les poux de corps s'observent le plus souvent dans les vêtements, spécialement aux endroits où ils sont en contact direct avec le corps, par exemple les sous-vêtements, l'entrejambe du pantalon, les aisselles, la taille, le cou et les épaules. Ils se fixent aux poils uniquement au moment du repas de sang. Les œufs s'accrochent aux fibres des

vêtements. Les poux de corps sont particulièrement répandus dans les régions froides où les personnes se lavent et changent de vêtements rarement.

Les poux de corps se propagent par contact direct, d'un sujet à l'autre. C'est dire qu'on les trouve habituellement dans des conditions de manque d'hygiène et de sur occupation, par exemple dans les prisons et les camps de réfugiés mal tenus et dans les tranchées, pendant la guerre. La transmission interhumaine est également possible dans les véhicules bondés et sur les marchés. Une infestation par les poux de corps peut aussi se produire lorsqu'on utilise la même literie, les mêmes serviettes de toilette ou vêtements ou qu'on s'assied sur des sièges, des tapis de chaise ou des coussins contaminés.



Fig. 4.17 Examen du cuir chevelu à la recherche de poux de tête. L'infestation est généralement plus massive chez les filles que chez les garçons.

Poux de tête

Le pou de tête est la plus fréquente des espèces de pou qui parasitent l'Homme. Il vit uniquement sur le cuir chevelu et s'observe le plus souvent chez les enfants. Les œufs (ou lentes) sont solidement collés à la base des cheveux, spécialement sur l'arrière du crâne et derrière les oreilles (Fig. 4.17 et 4.18). Comme les cheveux poussent d'environ un centimètre par mois, on peut dater l'infestation en mesurant la distance du cuir chevelu à l'œuf le plus proche collé sur un cheveu. Les sujets parasités hébergent en général 10 à 20 poux de tête adultes. Les femelles pondent 6 à 8 œufs

par jour. La propagation des poux de tête se fait par contact direct, par exemple entre des enfants pendant qu'ils jouent ou qu'ils dorment dans le même lit. La transmission peut aussi être la conséquence de l'utilisation par plusieurs personnes d'un même peigne auquel sont fixés des cheveux porteurs de lentes ou de poux.

Poux de pubis

Le pou de pubis est de couleur blanc grisâtre et évoque un crabe avec ses pseudopinces énormes. Il s'observe principalement dans la pilosité pubienne où il pond ses œufs à la base des poils. Une infestation massive peut se propager à d'autres parties du corps recouvertes de poils, telles que le thorax, les cuisses, les aisselles, les cils, les sourcils et la barbe. La propagation se fait principalement par contact sexuel ou autre contact personnel étroit, et concerne surtout les adultes jeunes ayant une vie sexuelle active.

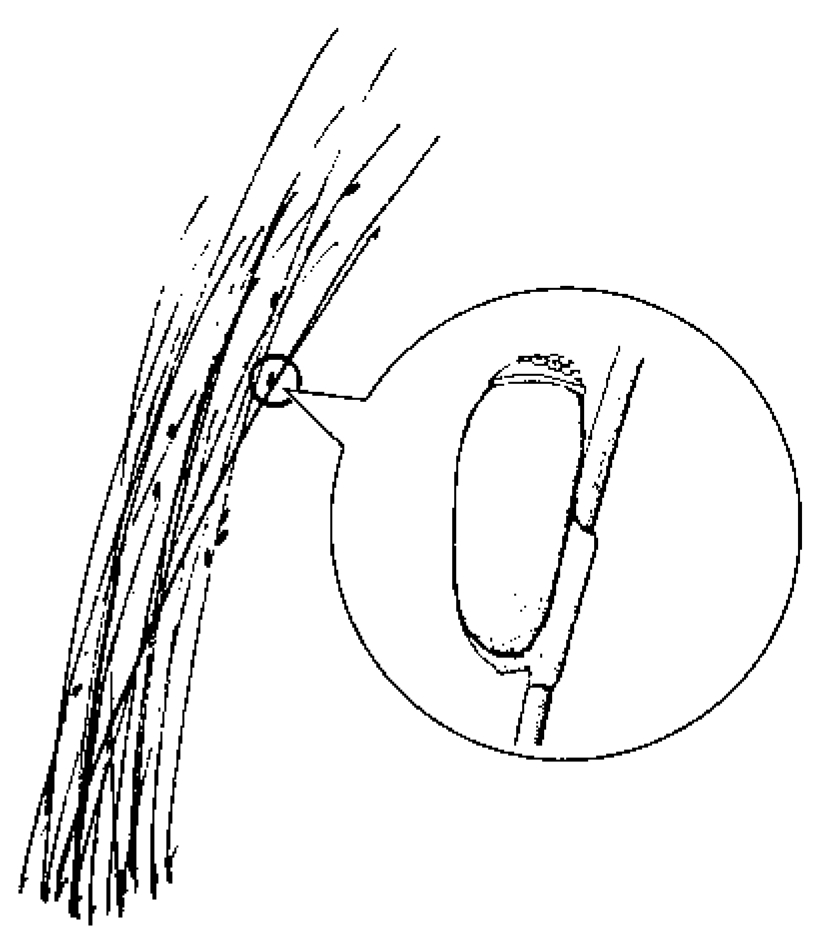


Fig. 4.18 Agrandissement d'un cheveu montrant des poux adultes et des œufs (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

Importance pour la santé publique

Seul le pou de corps est un vecteur de maladies humaines. Il transmet le typhus exanthématique, la récurrente à poux et la fièvre des tranchées.

Nuisance

Les poux se gorgent de sang plusieurs fois par jour, de sorte qu'une infestation massive peut déterminer une irritation et un prurit intenses. Des réactions toxiques à la salive injectée dans la peau peuvent se manifester par un état de lassitude et une sensation de malaise général.

Typhus exanthématique

Cette maladie provoquée par une rickettsie, *Rickettsia prowazekii,* constitue une affection aiguë hautement infectieuse réalisant un tableau de céphalées, frissons, fièvre et algies généralisées. En l'absence de traitement, elle peut être mortelle dans 10 à 40% des cas.

Ce typhus se rencontre sur tous les continents sauf en Australie. Il est très répandu dans les régions relativement froides où l'on porte des vêtements épais et où la présence du vecteur est la plus fréquente. Autrefois, cette maladie sévissait particulièrement en temps de guerre et de famine. De nos jours, les foyers de transmission sont situés dans les régions montagneuses d'Amérique du Sud et d'Afrique centrale et orientale, ainsi que dans l'Himalaya.

Transmission

Le pou de corps ingère les rickettsies pathogènes pendant qu'il se gorge du sang d'un sujet contaminée sang qu'il rejette ensuite avec ses déjections. Comme celles-ci forment une poudre noire fine en séchante elles sont facilement disséminées par l'air en mouvement. La poudre peut infecter de petites plaies, par exemple des lésions de grattage, ou les muqueuses nasale et buccale. Comme le germe pathogène peut survivre au moins deux mois dans les déjections de pou desséchées, il est dangereux de manipuler les vêtements ou la literie des typhiques.

Traitement

L'antibiothérapie est efficace, par exemple avec la tétracycline, la doxycycline ou le chloramphénicol.

Prévention et lutte

On a préparé un vaccin, mais il n'est pas encore disponible dans le commerce. Pour prévenir l'infection, il faut s'attaquer aux poux de corps. Les poussées épidémiques peuvent être maîtrisées grâce à l'application d'un insecticide à effet rémanent sur les vêtements de tous les habitants des régions touchées.

Récurrente à poux

Cette récurrente est provoquée par un spirochète, *Borrelia recurrentis.* Les sujets infectés font des épisodes fébriles de 2 à 9 jours, alternant avec des périodes de rémission de 2 à 4 jours. En général, 2 à 10% des sujets atteints succombent en l'absence de traitement, ce taux de létalité pouvant monter jusqu'à 50% lors d'une épidémie. La maladie est cantonnée à des régions limitées d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Asie.

Transmission

La récurrente à poux se produit sensiblement dans les mêmes conditions que le typhus exanthématique, ces deux maladies véhiculées par le pou pouvant d'ailleurs coexister. L'Homme se contamine lorsqu'il écrase des poux infectés entre ses ongles ou ses dents. Les germes pathogènes sont alors libérés et peuvent pénétrer dans l'organisme au niveau d'une excoriation ou d'une lésion ou à travers la muqueuse buccale.

Traitement

Il existe un traitement à base de tétracycline.

Prévention et lutte

La prévention et la lutte relèvent des mêmes méthodes que dans le cas du typhus exanthématique; il n'existe pas de vaccin.

Fièvre des tranchées

Cette rickettsiose est provoquée par *Rochalimaea quintana* et se manifeste par une fièvre intermittente et des douleurs dans tout le corps et donne lieu à des rechutes fréquentes. L'infection est rarement mortelle.

On peut sans doute observer des cas de «fièvre quintane» partout où l'on traite des poux de corps. On en a effectivement observé en Bolivie, au Burundi, en Ethiopie, au Mexique, en Pologne, en ex-URSS et en Afrique du Nord. Les épidémies qui ont sévi au cours de la Première et de la Seconde Guerre mondiale chez les soldats et les prisonniers vivant dans des conditions d'entassement et de manque d'hygiène expliquent le nom de fièvre des tranchées.

Transmission

La transmission se fait par contact avec des déjections de poux contaminées, comme dans le cas du typhus exanthématique.

Traitement

La tétracycline, le chloramphénicol et la doxycycline sont probablement efficaces mais, comme il s'agit d'une maladie relativement bénigne, ces antibiotiques n'ont pas fait l'objet d'une expérimentation suffisante.

Prévention et lutte

La prévention et la lutte relèvent des mêmes méthodes que dans le cas du typhus exanthématique; il n'existe pas de vaccin.

Mesures de lutte

Les mesures de lutte utilisées dépendent de l'importance du problème de santé. Un traitement individuel ou collectif peut être instauré quand les poux constituent une simple nuisance. Les campagnes à grande échelle sont recommandées s'il s'agit de venir à bout d'une poussée épidémique.

Poux de tête

Mesures d'hygiène

En se lavant régulièrement les cheveux au savon et à l'eau chaude et en se peignant tous les jours, on peut réduire le nombre de nymphes et d'adultes. Toutefois, un simple shampooing n'élimine pas les lentes, qui sont solidement accrochées aux cheveux. Avec un peigne spécial, aux dents fines très serrées, on peut éliminer à la fois les adultes et les œufs (Fig. 4.19). Une méthode efficace, parfois adoptée chez les jeunes garçons, consiste à raser le cuir chevelu; toutefois, si les intéressés se rebellent à cette perspective, comme c'est fréquente il ne faut pas insister.

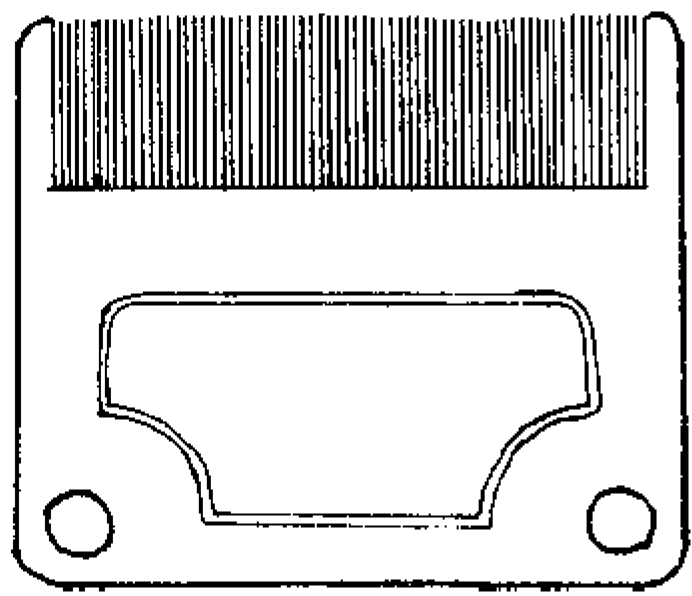


Fig. 4.19 Un peigne à poux muni de dents fines très serrées permet d'éliminer les poux de tête et leurs œufs (lentes).

Insecticides

L'application d'un insecticide sur les cheveux est la méthode la plus efficace (*20-26*). On peut utiliser diverses formulations: shampooing; lotion, émulsion ou poudre (Fig. 4.20; voir aussi Tableau 4.3). Certains pyréthrinoïdes sont les produits les plus recommandés, car ils ne provoquent pas de sensation de brûlure au niveau du cuir chevelu ni d'autres effets secondaires comme on en observe parfois avec d'autres insecticides comme le lindane (*27,28*). Les poudres, quelle qu'en soit la granulométrie, sont en général moins efficaces et moins bien acceptées que les lotions ou les émulsions. On peut faire des shampooings avec un savon contenant 1% de perméthrine (voir encadré ci-dessous).

Comment préparer une poudre, un shampooing ou une lotion insecticide

Pour préparer une poudre insecticide, on peut incorporer un insecticide en poudre (mouillable) dans du talc en poudre jusqu'à l'obtention de la concentration de matière active recommandée. De même, on prépare un shampooing en mélangeant un insecticide sous forme de poudre ou de concentré émulsionnable avec un shampooing

de pH neutre. Enfin, pour préparer une lotion insecticide, on mélange un concentré émulsionnable avec de l’eau ou de l’alcool.

Moustiquaires imprégnées

Les infestations par le pou de tête prennent fin quand on dort sous une moustiquaire imprégnée d’un pyréthrinoïde suffisamment persistant (5) (voir Chapitre 1 et p. 262).

Poux de pubis

Au lieu de raser la région pubienne infestée, on y applique aujourd’hui une formulation insecticide, en procédant comme pour le pou de tête. En cas d’infestation massive, le traitement doit être étendu à toutes les régions couvertes de poils situées au-dessous du cou.



Fig. 4.20 Pour éliminer les poux, on peut laver les cheveux avec un shampooing ou une lotion anti-poux.

Tableau 4.3
Insecticides et formulations d’usage courant contre les poux

Insecticide	Formulation et concentration (%)	
bioalléthrine	lotion	0,3-0,4
	shampooing	0,3-0,4
	aérosol	0,6
carbarile	poudre	5,0
DDT	poudre	10,0
	lotion	2,0
deltaméthrine	lotion	0,03
	shampooing	0,03
iodofenphos	poudre	5,0
lindane	poudre	1,0
	lotion	1,0
malathion	poudre	1,0
	lotion	0,5
perméthrine	poudre	0,5
	lotion	1,0
	shampooing	1,0
(+)-phénothrine	shampooing	0,2-0,4
	poudre	0,3-0,4
propoxur	poudre	1,0
téméphos	poudre	2,0

Savon insecticide

Le pain de savon insecticide est une formulation bon marché récemment mise au point qui contient de la perméthrine à 1% et constitue un anti-poux efficace. On peut également s'en servir contre le sarcopte de la gale (voir p. 308).

Mode d'emploi

Le savon peut être utilisé en shampooing. Savonner les cheveux mouillés au préalable, laisser se former une mousse et masser soigneusement le cuir chevelu. Laisser le produit en contact pendant 10 minutes, rincer et sécher les cheveux. On peut éliminer les poux tués avec un peigne en les recueillant sur une serviette de toilette. Recommencer l'opération trois jours plus tard. Les cheveux sont débarrassés des poux pendant au moins plusieurs semaines.

Mode de fabrication

Ce savon, qu'on trouve dans le commerce, peut être fabriqué localement à des fins non commerciales.

Constituants	**%**
Huile de coco crue brute	57,0
Anti-oxydant	0,14

Perméthrine	1,00
Huile minérale	8,86
Solution de soude caustique	32,0
Argile naturelle	1,00

Commencer par mélanger la perméthrine avec l'huile minérale, à la température ambiante, puis verser le mélange dans l'huile de coco dans laquelle on a fait dissoudre l'anti-oxydant. Compléter avec la solution de soude caustique, à la température ambiante, en mélangeant rapidement. Terminer en saupoudrant avec l'argile et verser l'émulsion obtenue dans des moules où la réaction va continuer pendant 12 heures.

Le jour suivant, découper les blocs obtenus en savonnettes de 40g. Si les savonnettes sont enveloppées dans un film de polypropylène et enfermées dans une boîte étanche à l'air, elles conservent leur activité au moins deux ans. Si l'on se sert comme emballage d'un petit sac en plastique pour sandwichs, ou qu'on place le produit dans une boîte étanche à l'air mais sans l'envelopper, la durée de conservation est de un an. Quand le produit est destiné à être utilisé dans un délai de quelques semaines, le conditionnement le moins coûteux suffit.

Poux de corps

Traitement individuel

Le simple fait de se laver et de changer de vêtements régulièrement suffit en général à prévenir l'infestation par des poux de corps. Mais cette solution peut être impraticable quand l'eau est rare, qu'on manque d'installations pour se laver et que les personnes concernées ne possèdent qu'un seul vêtement. Une autre solution consiste à laver les vêtements et la literie avec un savon contenant du DDT à 7%.

Le lavage au savon et à l'eau froide ne suffit pas à éliminer les poux des vêtements. Il faut utiliser de l'eau à plus de 60 °C et, si possible, repasser ensuite les vêtements.

Traitement collectif ou traitement de masse

La méthode de choix pour un traitement de masse consiste dans le saupoudrage d'un insecticide entre le corps et les sous-vêtements. Il existe de bonnes poudres constituées d'un mélange de talc et d'un insecticide (perméthrine (0,5%), DDT (10%) ou lindane (1%)). Les autres poudres insecticides indiquées au Tableau 4.3 peuvent être utilisées en cas de résistance. Comme la poudre entre en contact étroit avec le corps, il importe que l'insecticide choisi soit peu toxique pour l'Homme et non irritant.

Un avantage des poudres insecticides est qu'elles sont faciles à transporter et à entreposer. L'application peut se faire avec n'importe quel type de poudreuse, par exemple à air comprimé, à plongeur ou à soufflet (Fig. 4.21) (voir p. 274), ou à la main. Il importe d'expliquer le but de l'opération aux personnes concernées, car la poudre laisse des traces bien visibles sur les vêtements.

Pour un traitement individuel, il faut appliquer environ 30g de poudre de façon régulière, sur les vêtements en contact étroit avec le corps, en se servant d'un récipient percé de trous à sa partie supérieure. On veillera spécialement à bien

saupoudrer les coutures des sous-vêtements et des autres habits. Dans le cas d'un groupe important, il faut compter environ 50g de poudre par personne. La projection de la poudre se fait par les ouvertures des vêtements, au niveau du cou, du bas des manches et de la taille, de tous les cotés, après avoir desserré les vêtements (Fig. 4.22). Il faut également saupoudrer les chaussettes, les couvre-chefs et la literie. Un seul traitement devrait suffire, mais il faut parfois recommencer tous les 8-10 jours si l'infestation persiste.

L'imprégnation des vêtements avec un pyréthrinoïde sous forme d'émulsion assure parfois une protection durable (29), car l'insecticide peut conserver son efficacité après 6-8 lessives.

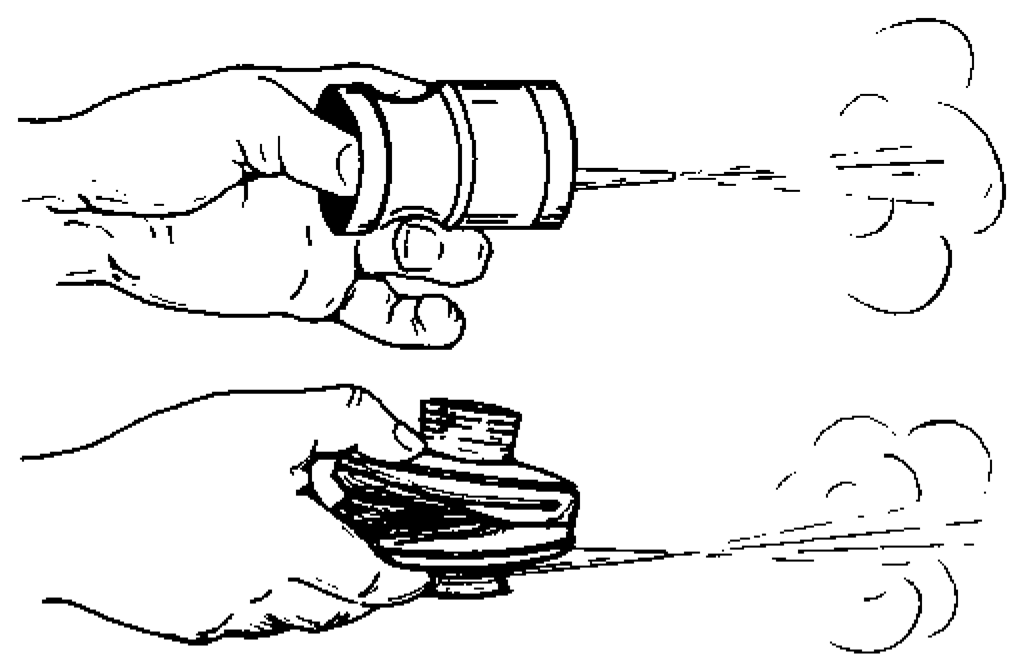


Fig. 4.21 On peut saupoudrer les vêtements d'insecticide avec une boîte poudreuse (poudreuse manuelle à soufflet) (© OMS).

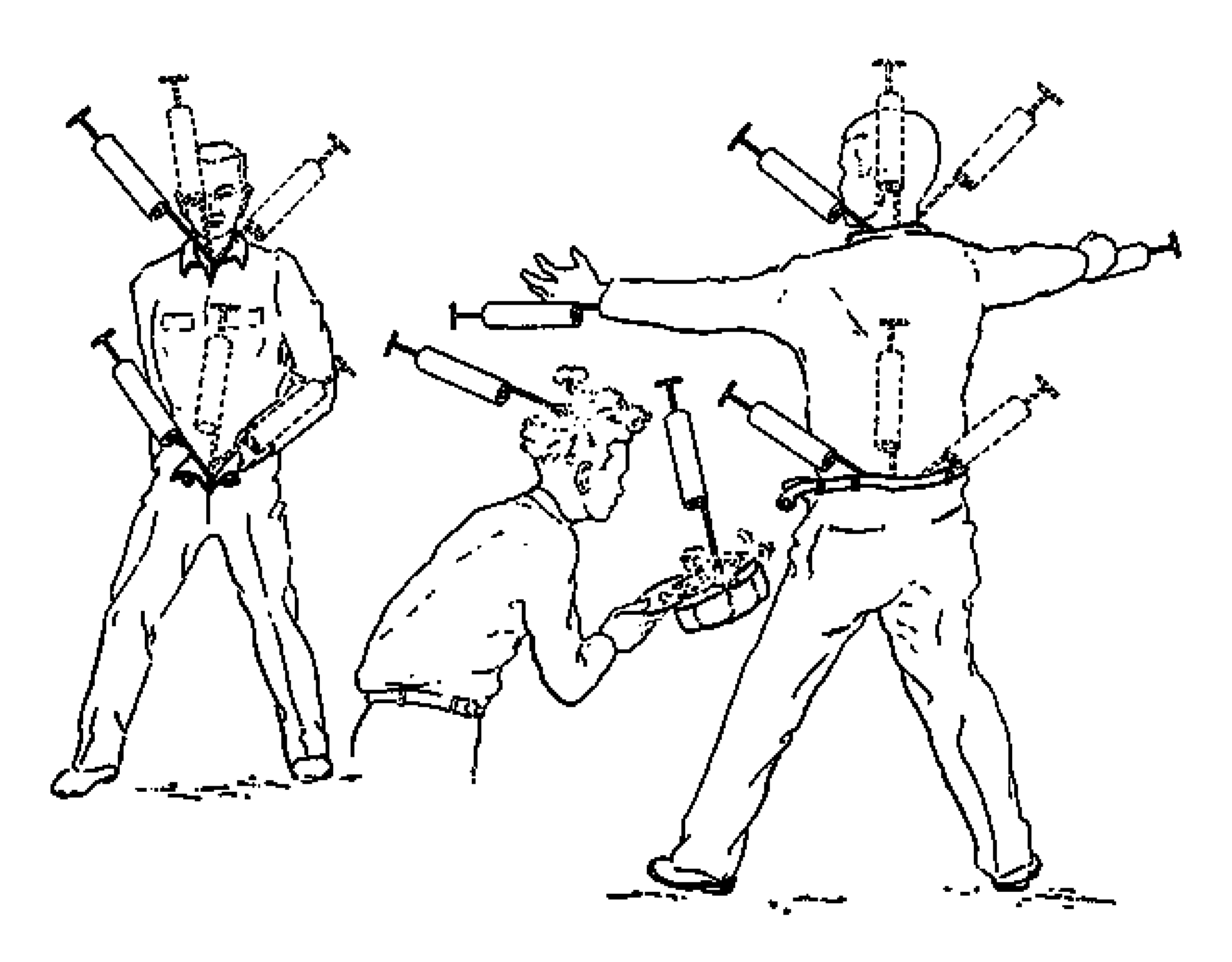


Fig. 4.22 Traitement individuel avec une poudre insecticide appliquée au moyen d'une poudreuse à plongeur. (Reproduit de *Insect and rodent control.* Washington, DC, Department of the Air Force, the Army and the Navy, 1956).

Tiques

Les tiques sont des acariens hématophages qui s'attaquent à l'Homme comme aux animaux. On les trouve partout dans le monde et elles constituent des vecteurs importants d'un grand nombre de maladies. Parmi celles qu'elles transmettent à l'Homme, les plus connues sont la récurrente à tiques, la fièvre pourprée des montagnes Rocheuses, la fièvre Q et la maladie de Lyme. Les tiques sont également importantes en tant que vecteur de maladies des animaux domestiques et peuvent occasionner de lourdes pertes économiques. On distingue deux grandes familles de tiques: les tiques dures (Ixodidés) qui comptent environ 650 espèces et les tiques molles (Argasidés) qui en comptent environ 150. Les tiques ne sont pas des insectes, mais des arthropodes (plus précisément des acariens) qui se distinguent facilement par la présence de quatre paires de pattes chez l'adulte et l'absence d'une segmentation claire du corps (Fig. 4.23).

Biologie

Les tiques ont un cycle de développement qui comporte un stade larvaire, marqué par l'existence de six paires de pattes, et un ou plusieurs stades nympho-octopodes (Fig.

4.24). Les formes immatures ressemblent à l'adulte, et le passage d'un stade au suivant ne peut se faire qu'après un repas de sang. Les tiques adultes vivent plusieurs années et peuvent survivre des années entières sans se nourrir. Les deux sexes sont hématophages, le mâle piquant toutefois moins souvent que la femelle, et peuvent être les vecteurs de certaines maladies. La transmission des germes pathogènes ne se fait pas seulement d'un hôte à l'autre, à l'occasion d'un repas de sang; mais peut aussi s'opérer, pour certains d'entre eux, entre la tique femelle et sa descendance.

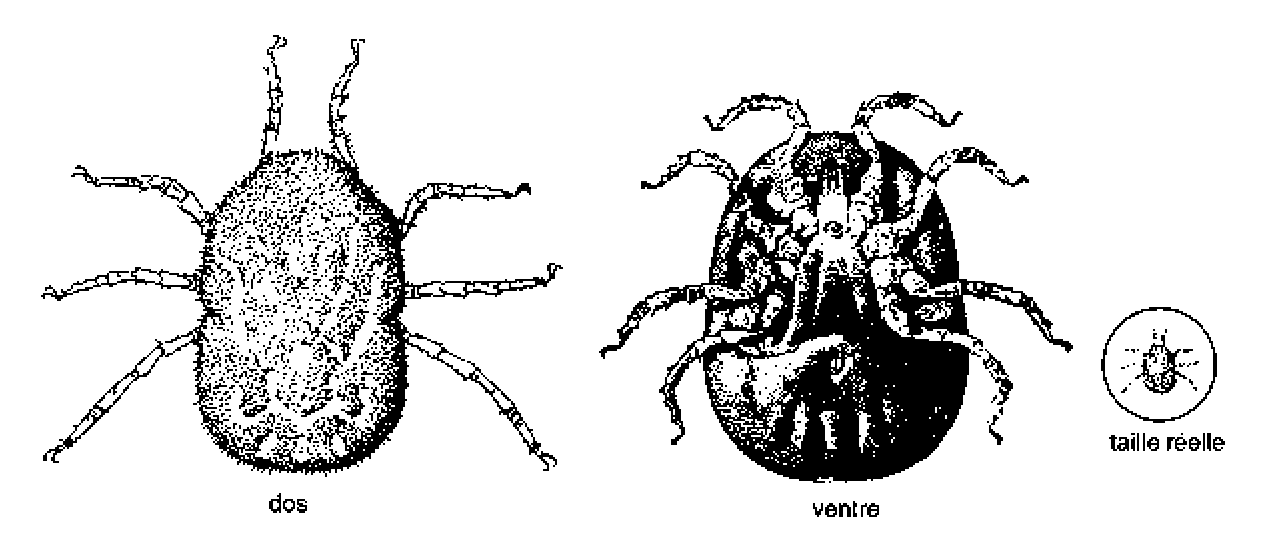


Fig. 4.23 Tique molle, *Ornithodoros moubata,* vecteur de la récurrente à tiques en Afrique (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

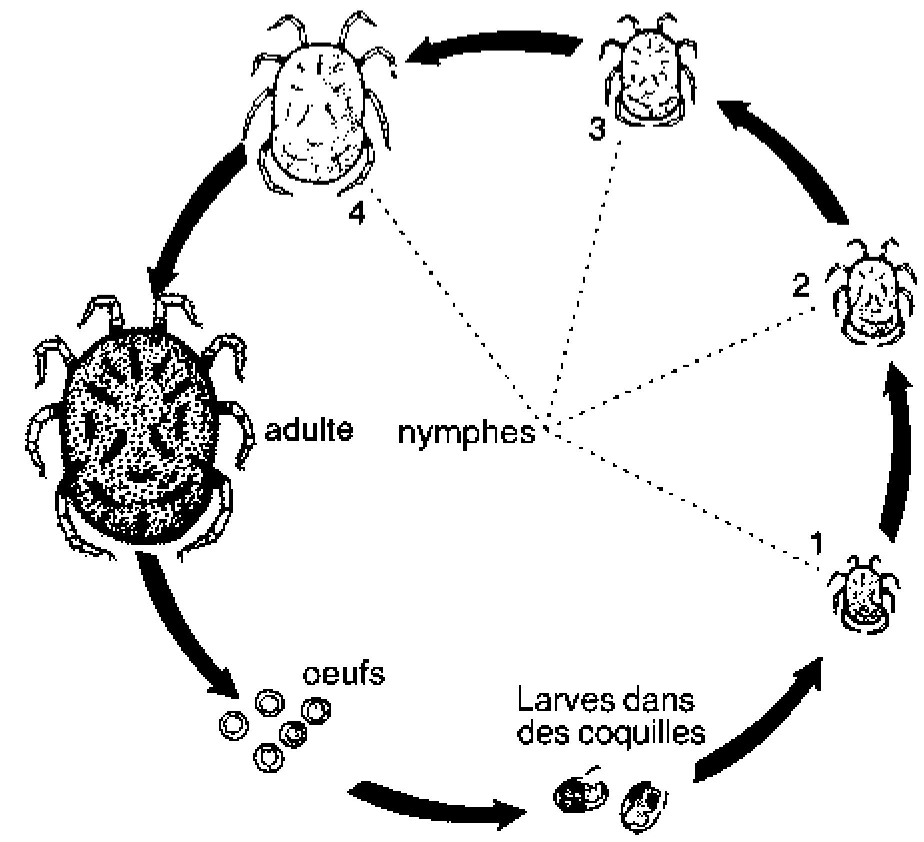


Fig. 4.24 Cycle de développement de la tique molle, *Ornithodoros moubata* (*30*). Copyright Blackwell Science Ltd.

Tiques molles

Les adultes sont de forme ovale aplatie et ont un corps coriace et ridé. Les pièces buccales sont situées sous le corps et invisibles du dessus. La ponte se fait dans les lieux de repos des adultes, par exemple les fissures et anfractuosités des murs et du sol des maisons et le mobilier. Les larves, les cinq stases de la nymphose et les adultes recherchent tous activement un hôte sur lequel prendre leurs repas de sang. Après s'être gorgés, ce qui prend une trentaine de minutes, ils se laissent tomber sur le sol. La plupart des espèces peuvent survivre plus d'un an entre deux repas de sang; et certaines plus de 10 ans.

Les tiques molles ne vivent pas sur leurs hôtes, mais sont particulièrement nombreuses dans les nids et les lieux de repos de ceux-ci. Certaines espèces comme la tique du poulet et la tique du pigeon (appartenant au genre *Argas*) peuvent se nourrir sur l'Homme à défaut de leurs hôtes de prédilection.

Les espèces qui se nourrissent couramment sur l'Homme se rencontrent autour des villages et à l'intérieur des habitations (Fig. 4.25). Elles ont des habitudes comparables à celles des punaises de lit, sortant souvent de leur cachette pendant la nuit pour venir piquer l'Homme et les animaux. Certaines espèces sont fréquentes sur les grands axes de communication, dans les maisons d'hôte et les campements, ainsi que dans les grottes et crevasses.

Tiques dures

Les tiques dures adultes sont de forme ovale aplatie et mesurent de 3 à 23 mm de long; selon les espèces (Fig. 4.26). Les pièces buccales sont visibles à l'avant du corps, en forme de rostre, ce qui les distingue des tiques molles, de même que la présence d'un écusson dorsal derrière la tête, et d'une nymphose à une seule stase (Fig. 4.27).

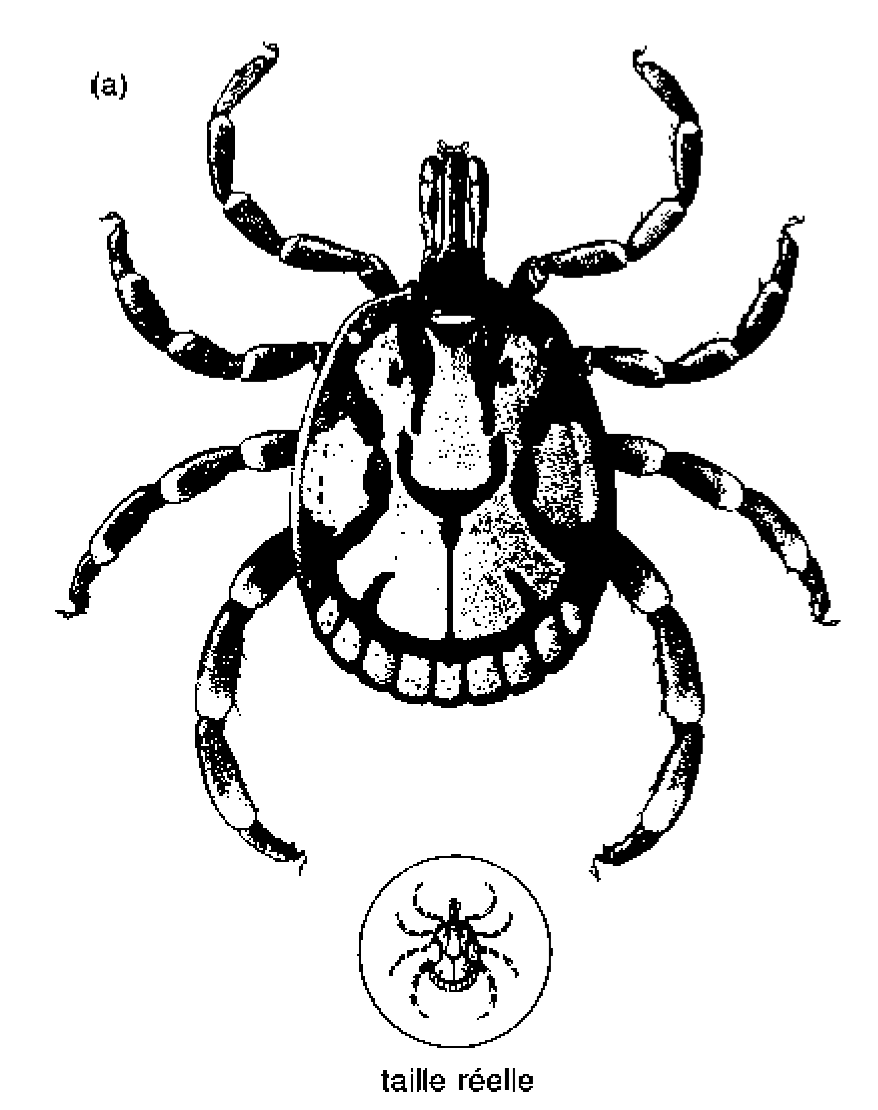
Les œufs sont pondus directement sur le sol, en grand nombre. Les larves sont très petites, mesurant 0,5 à 1,5 mm de long; elles grimpent dans la végétation où elles attendent le passage d'un hôte convenable sur lequel elles se fixent à l'un de leurs endroits de prédilection pour piquer, par exemple l'intérieur de l'oreille ou le dessus de la paupière.

Au bout de plusieurs jours, quand la tique est gorgée de sang; elle se laisse tomber sur le sol, cherche un abri et mue à l'état de nymphe, laquelle cherche à son tour un repas de sang (Fig. 4.28), puis se détache après s'être gorgée pour se transformer en adulte. Les femelles adultes grimpent dans la végétation dans l'attente d'un hôte qui leur convienne sur lequel elles vont rester une à quatre semaines avant de se laisser tomber sur le sol et de chercher un abri dans un endroit frais, sous une pierre ou un lit de feuilles mortes, pour y pondre.

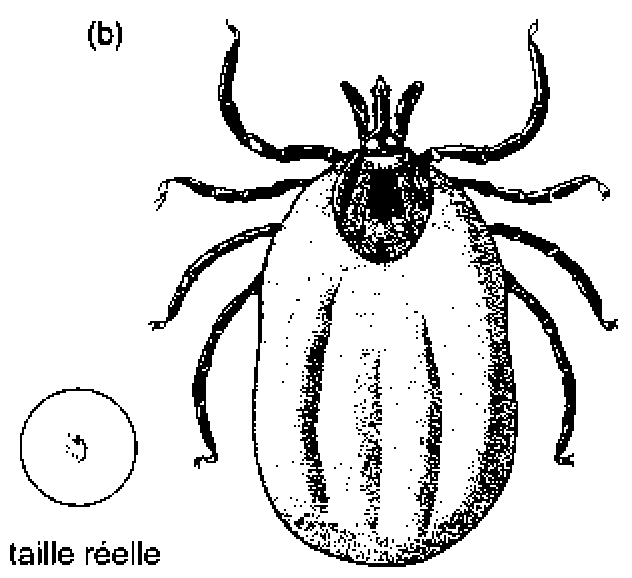


Fig. 4.25 Les tiques molles ou ornithodores sont fréquentes dans les maisons aux murs en torchis ou en adobe et au sol en terre battue qui constituent la norme dans certaines régions d'Afrique.

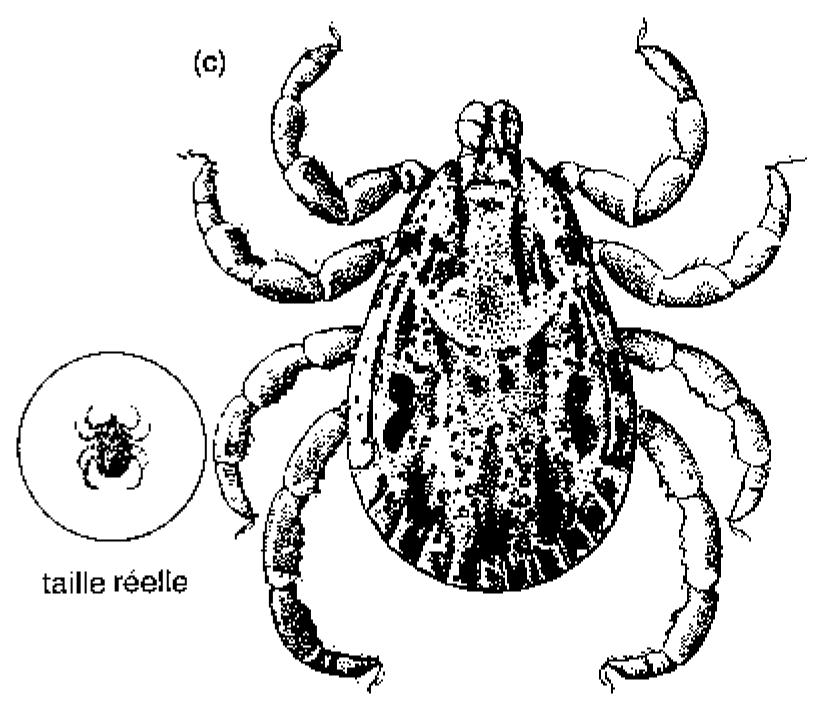
Fig. 4.26 Tiques dures,



a) Tique d'Afrique du Sud (ou tique du damalisque, *Amblyomma hebraeum,* vecteur de la fièvre boutonneuse provoquée par *Rickettsia conori.*



b) Tique du mouton, *Ixodes ricinus,* vecteur de l'encéphalite à tiques (en Europe centrale),



c) Tique des bois des montagnes Rocheuses, *Dermacentor andersoni,* vecteur de la fièvre pourprée du Nouveau Monde provoquée par *Rickettsia rickettsii* en Amérique du Nord, en Amérique centrale et en Amérique du Sud (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

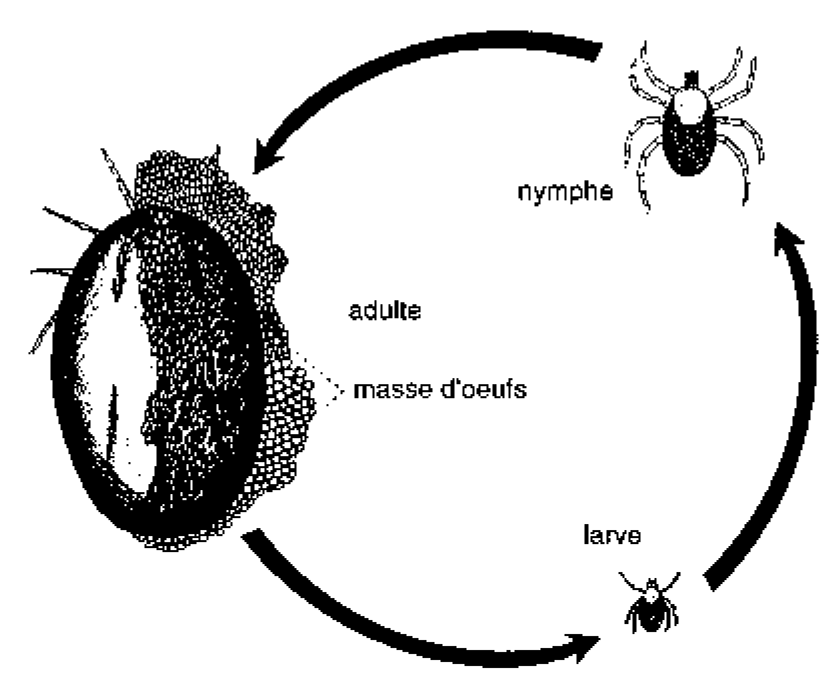


Fig. 4.27 Cycle de développement d'une tique dure (*Ixodes*): représentation de la femelle adulte sur laquelle est fixée une importante masse d'œufs et de la nymphe (nymphose à une seule stase) (*30*). Copyright Blackwell Science Ltd.

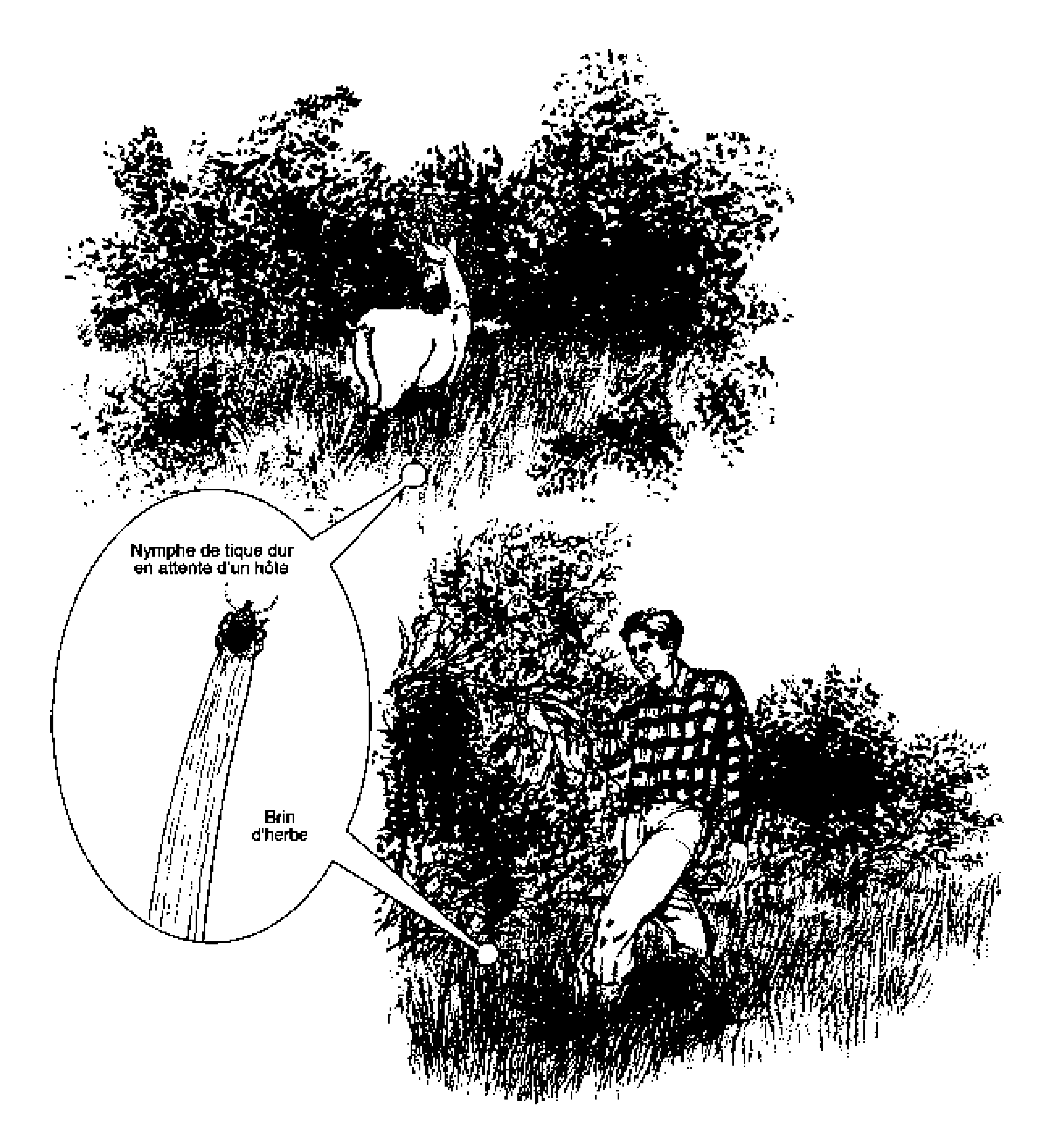


Fig. 4.28 Habitat typique de tiques dures se nourrissant normalement sur des animaux sauvages.

La plupart des espèces de tique dure ont trois hôtes différents: un pour la larve, un pour la nymphe et un pour l'adulte. Cependant, certaines espèces ont seulement un ou deux hôtes pour les trois formes. Comme elles restent fixées plusieurs jours sur leur hôte, les tiques dures peuvent être transportées très loin. C'est cette capacité à se gorger sur des hôtes différents et à se déplacer sur des distances considérables qui explique en partie l'importance des tiques comme vecteurs de maladies.

Importance pour la santé publique

Nuisance

La piqûre de tique est extrêmement douloureuse; en cas d'infestation massive, ce qui n'est pas rare chez les animaux, la perte de sang peut être importante.

Récurrente à tiques

Cette maladie est provoquée par un spirochète du genre *Borrelia.* Elle est transmise par la piqûre d'ornithodores (tiques molles) dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux, ainsi qu'en Europe et en Amérique du Nord. Ces tiques prennent généralement un repas de sang rapide, pendant la nuit, à l'intérieur des maisons ou à proximité, puis quittent leur hôte (*31*).

La maladie se caractérise par une courbe thermique très irrégulière, faisant alterner nombreuses poussées fébriles et rémissions. En l'absence de traitement, elle est mortelle dans 2 à 10% des cas.

Traitement

Il existe un traitement par la tétracycline et ses dérivés.

Prévention

La prévention exige l'adoption de mesures pour éliminer les tiques molles et se protéger de leurs piqûres.

Paralysie ascendante à tiques

En même temps que leur salive, les tiques dures injectent dans le corps de leurs victimes des toxines qui peuvent déterminer chez l'Homme et les animaux une «paralysie ascendante à tiques». Cette paralysie se manifeste 5 à 7 jours après le début du repas de sang en commençant aux membres inférieurs pour s'étendre au haut du corps, affectant l'élocution, la déglutition et la respiration. On l'observe partout dans le monde où elle est particulièrement fréquente et grave chez l'enfant de moins de deux ans. Le traitement consiste dans l'ablation du parasite.

Rickettsioses à tiques

Ce groupe de maladies est provoqué par des espèces étroitement voisines du genre *Rickettsia* qui sont transmises lors des piqûres de tique ou de la contamination de la peau par des tissus ou déjections de tiques écrasées.

- Les fièvres pourprées du Nouveau Monde provoquées par *Rickettsia rickettsii* s'observent au Brésil au Canada, en Colombie, aux Etats-Unis d'Amérique, au Mexique et au Panama.

- La fièvre pourprée provoquée par *R. sibirica* s'observe en Fédération de Russie, au Japon et dans le Pacifique.

- La fièvre pourprée provoquée par *R. conori* sévit dans la région méditerranéenne, en Afrique et dans le sud de l'Asie.

- La fièvre pourprée provoquée par *R. australis* sévit en Australie, au Queensland.

- La fièvre Q, dont l'agent est *Coxiella burnetii,* est cosmopolite et fréquente dans les abattoirs, les établissements d'équarrissage et de conditionnement de la viande, les laboratoires d'analyses médicales, les parcs à bestiaux et les élevages de volaille. Sa transmission à l'Homme se fait principalement lors de la consommation de lait ou de viande provenant de bovins contaminés ou lors de l'inhalation de déjections desséchées de tiques infectées par le personnel qui s'occupe des bestiaux.

Chez l'Homme, le début est brutal avec une fièvre qui dure plusieurs semaines, une sensation de malaise général, des myalgies et arthralgies, des céphalées intenses et des frissons. Un exanthème s'étend parfois à la totalité du corps. Le taux de létalité peut dépasser 15-20% en cas d'erreur de diagnostic ou d'abstention thérapeutique.

Traitement

On peut utiliser des antibiotiques comme la tétracycline ou le chloramphénicol.

Prévention

Il faut éviter de se faire piquer et, quand des tiques sont fixées sur le corps, procéder rapidement à leur ablation en prenant des précautions. Il faut que les tiques soient fixées depuis plusieurs heures pour que les rickettsies puissent infecter l'Homme.

Maladie de Lyme

La maladie de Lyme (erythema chronicum migrans) est une affection grave, souvent débilitante, provoquée par un spirochète, *Borrelia burgdorferi.* D'allure grippale, elle se caractérise par un érythème à extension progressive chez environ la moitié des patients, accompagné de fièvre, fatigue, myalgies et arthralgies. Plusieurs semaines, voire plusieurs mois, après la piqûre par la tique infectieuse, on peut observer un œdème douloureux au niveau des grosses articulations (genou, coude), une encéphalite, une paralysie faciale, des lésions oculaires et une cardite, que la phase aiguë ait été ou non marquée par un érythème. Par la suite, éventuellement plusieurs années après la piqûre, on constate parfois une érosion cartilagineuse (arthrite) et un dysfonctionnement neuromusculaire (Fig. 4.29). La maladie de Lyme s'observe surtout dans les régions tempérées septentrionales, en Chine, aux Etats-Unis d'Amérique, en Europe et en ex-URSS.

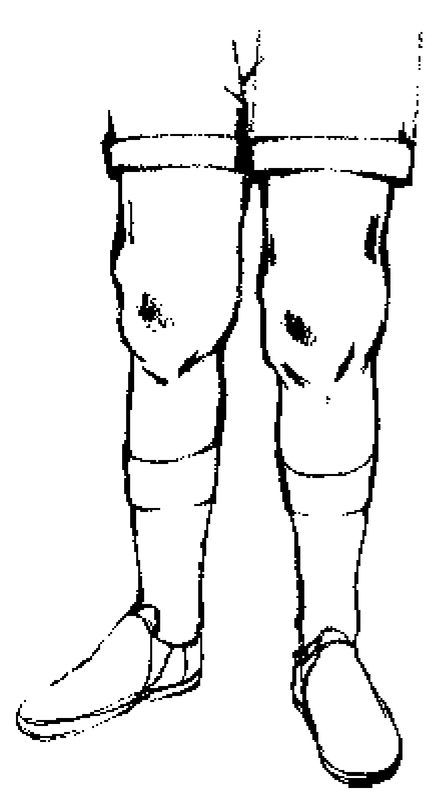


Fig. 4.29 Les signes caractéristiques de la maladie de Lyme consistent dans un œdème douloureux des grosses articulations, comme le genou, et une arthrite chronique.

Transmission

La transmission est principalement assurée par les ixodes, habituellement en été où leurs nymphes sont abondantes. Les petits rongeurs; spécialement les souris, servent de réservoirs tandis que les gros mammifères sont avant tout des hôtes qui entretiennent les populations de tiques. Les larves se contaminent au moment où elles prennent un repas de sang sur une souris, et les nymphes ou les adultes peuvent ensuite transmettre les spirochètes au cours de repas suivants. Dans la zone tempérée septentrionale où la maladie de Lyme sévit le plus, sa propagation s'explique par le développement des troupeaux de rennes, car cet hôte principal s'est adapté à un mode de vie qui l'a rapproché des populations humaines. Dans de nombreuses régions, la maladie de Lyme se contracte dans les banlieues résidentielles (*32*).

Traitement

L'antibiothérapie permet de prévenir la maladie de Lyme ou d'en ralentir l'évolution, au moyen de la tétracycline ou de ses dérivés pendant 2-4 semaines chez l'adulte et de la pénicilline chez l'enfant.

Prévention

La prévention repose sur l'éloignement par rapport aux biotopes occupés par les tiques, la protection contre leurs piqûres et la lutte antivectorielle. La protection

individuelle est assurée par l'utilisation de répulsifs dont il faut badigeonner la peau et pulvériser les vêtements dans les zones infestées. Si les tiques déjà fixées sont extraites dans les 24 heures, la transmission des spirochètes peut être évitée. Une antibioprophylaxie peut être souhaitable lorsqu'on a été piqué par une tique contaminée. On trouve dans le commerce des nécessaires d'épreuve faisant appel à de nouvelles molécules qui permettent de déceler les spirochètes dans les échantillons de tiques.

Tularémie

La tularémie, également connue sous le nom de maladie de Ohara, est provoquée par un coccobacille, *Francisella tularensis.* Les symptômes, variables selon la porte d'entrée, consistent en céphalées, frissons, épisodes fébriles et tuméfaction des ganglions lymphatiques. La maladie sévit en Amérique du Nord, en Europe, au Japon et en ex-URSS.

Transmission

La transmission s'opère à l'occasion de piqûres par des tiques ou des taons du genre *Chrysops* (voir Chapitre 1) ou lors de la manipulation du gibier infectée par exemple de lièvres. Les chasseurs et les forestiers sont les plus exposés au risque de contamination.

Traitement

Une antibiothérapie par la streptomycine est possible.

Prévention

Il faut se tenir à l'écart des biotopes occupés par les tiques et éviter d'être piqué, porter des gants imperméables pour dépouiller et préparer du gibier, faire cuire le gibier à cœur et éviter de boire l'eau non traitée dans les régions où sévit la maladie.

Viroses neurotropes à tiques

Il s'agit d'un groupe de viroses déterminant une méningo-encéphalite aiguë. Les symptômes sont de gravité variable selon la nature de la maladie. Dans de nombreux cas, l'infection ne détermine aucune pathologie. Les infections sévères peuvent provoquer de violentes céphalées, une forte fièvre, des nausées, le coma et la mort.

- L'encéphalite de la taïga s'observe dans la partie extrême-orientale de l'ex-URSS.

- L'encéphalite à tiques d'Europe centrale sévit en Europe, depuis l'Oural jusqu'à la France.

- Le louping-ill est une encéphalite des moutons d'Ecosse et d'Irlande qui détermine parfois une encéphalite chez l'Homme.

Transmission et prévention

Ces maladies sont transmises par les piqûres de tique et par la consommation de lait provenant d'animaux infectés. Il n'existe pas de traitement spécifique, mais on a mis au point un vaccin contre certaines de ces viroses neurotropes. La prévention consiste à se tenir à l'écart des tiques *et*, le cas échéante à procéder à leur ablation rapide.

Principales tiques dures vectrices de maladies

En général, diverses espèces de tiques peuvent être des vecteurs pour chacune des maladies indiquées ci-dessous, avec une importance variable selon les régions.

Maladie	**Vecteur**
Maladie de Lyme	Tique du renne, *Ixodes dammini*
Fièvre pourprée provoquée par:	
Rickettsia rickettsii	Tique du chien américaine, *Dermacentor variabilis*
R. sibirica	Tique des bois asiatique, *Dermacentor silvarum*
R. conori	Tique du chien brune, *Rhipicephalus sanguineus*
R. australis	Tique des acacias, *Ixodes holocyclus*
Fièvre Q	*Amblyomma americanum*
Tularémie	Tique du lièvre américaine, *Haemaphysalis leporis-palustris*
Encéphalite à tiques de la taïga	Tique de la taïga, *Ixodes persulcatus*
Encéphalite à tiques d'Europe centrale	Tique des graines de ricin, *Ixodes ricinus*
Maladie de la forêt de Kyasanur	Tique des oiseaux et des singes, *Haemaphysalis spinigera*
Fièvre pourprée des montagnes Rocheuses	Tique des bois américaine, *Dermacentor andersoni*
Fièvre hémorragique de Crimée-Virus Congo	Tique des oiseaux et des mammifères, *Hyalomma marginatum*

Autres arboviroses

La *maladie de la Forêt de Kyasanur* sévit dans certaines régions de l'Inde.

La *fièvre hémorragique d'Omsk* s'observe dans le sud-ouest de la Sibérie; elle détermine une grave affection, souvent mortelle chez les personnes qui manipulent des rats musqués; le virus est principalement transmis par l'eau, encore qu'on le trouve aussi chez les tiques dures.

La *fièvre pourprée des montagnes Rocheuses* est de gravité modérée et sévit dans la partie occidentale de l'Amérique du Nord.

La *fièvre hémorragique de Crimée-Virus Congo* est une maladie aiguë, souvent grave et mortelle, qu'on rencontre dans certaines régions d'Afrique, d'Asie et d'Europe.

Mesures de lutte

Protection individuelle

Eloignement par rapport aux zones contaminées

Dans toute la mesure possible, il faut se tenir éloigné des champs et des forêts infestés par des tiques. En Afrique, les piqûres de la tique molle *Ornithodoros moubata,* vecteur d'une récurrente, peuvent être évitées en s'abstenant de fréquenter les anciens campements et de dormir à même le sol des maisons en pisé. Les lits, spécialement les lits métalliques, peuvent assurer une certaine protection contre les tiques qui ont du mal à grimper le long des pieds. Toutefois, elles peuvent encore atteindre leur hôte en grimpant sur les murs.

Répulsifs

Parmi les répulsifs qui empêchent les tiques de s'agripper au corps, on peut citer le DEET, le phtalate de diméthyle, le benzoate de benzyle, le carbamate de diméthyle et l'indalone (*33*). Ces divers produits peuvent être appliqués sur la peau ou sur les vêtements. Dans le premier *cas,* leur action ne dure souvent que quelques heures, car le produit est à la fois absorbé et éliminé par les frottements. Sur les vêtements, l'efficacité est beaucoup plus longue, parfois de plusieurs jours (*34*). Pour plus de renseignements concernant les répulsifs, se reporter au Chapitre 1.

Vêtements

Les vêtements peuvent assurer une certaine protection, par exemple les pantalons lorsqu'ils sont enfoncés dans les chaussettes ou des chaussures montantes, et les chemises si elles sont enfilées dans le pantalon. Lorsqu'on s'est rendu dans une région infestée, il faut se déshabiller et inspecter ses vêtements à la recherche de tiques.

Vêtements imprégnés

Les personnes qui se rendent souvent dans une région infestée par des tiques doivent penser à imprégner leurs vêtements par pulvérisation (*35, 36*) ou immersion, avec un pyréthrinoïde comme la perméthrine ou la cyfluthrine. L'effet de choc est rapide sur les tiques qui grimpent le long des pantalons ou des chemises. Ainsi, les tiques sont non seulement empêchées de piquer mais également tuées. En outre, le traitement des vêtements par un pyréthrinoïde est efficace contre les moustiques pendant au moins un mois (*34*). On trouvera des renseignements sur la façon d'imprégner les vêtements avec des pyréthrinoïdes au Chapitre 1.

Extraction des tiques fixées

Pendant et après un séjour dans une zone infestée, il importe d'examiner son corps fréquemment à la recherche de tiques. Il faut les éliminer au plus vite, car le risque de transmission d'une maladie augmente avec la durée pendant laquelle la tique reste enfoncée dans la peau.

L'extraction doit se faire par traction lente mais régulière, de préférence avec une pince pour éviter que les doigts n'entrent en contact avec les liquides organiques infectieux de l'acarien. La tique doit être saisie le plus près possible de l'endroit où sa tête pénètre dans la peau, de façon à ne pas l'écraser, et en veillant à ne pas briser les

pièces buccales enfoncées dans le derme, car il pourrait en résulter une irritation et une surinfection. Certains vétérinaires disposent d'un instrument spécial pour l'ablation rapide des tiques du chien.

Pour amener les tiques molles à retirer leur rostre, on peut soit les toucher avec un objet très chaud comme la pointe d'une aiguille chauffée, soit les tamponner avec un anesthésique, par exemple du chloroforme ou de l'éther. Dans le cas des tiques dures, ces méthodes ne donnent un résultat qu'aussitôt après la piqûre, car le ciment salivaire au moyen duquel ces acariens sont fixés sur leur hôte les empêche de dégager rapidement leur rostre. Dans les régions où les tiques constituent une simple nuisance, on peut les enduire d'huile, de paraffine, de vaseline ou de vernis à ongles pour les priver d'oxygène. Les tiques dures dissolvent alors le ciment qui les empêche de retirer leur rostre, mais cela peut prendre plusieurs heures. Toutefois, ces méthodes sont déconseillées dans les régions où les tiques sont des vecteurs de maladies, car elles agissent trop lentement et risquent de pousser l'acarien à régurgiter dans la plaie de piqûre, provoquant l'injection de germes pathogènes. En pareil cas, il est recommandé d'extraire les tiques immédiatement, même s'il faut pour cela laisser la tête en place dans la plaie.

Application d'insecticides sur les animaux

Les animaux domestiques servent souvent d'hôtes à des tiques qui peuvent piquer l'Homme pour se nourrir et transmettre ensuite des maladies aux personnes comme aux animaux. L'application directe d'insecticides sur le corps de ces animaux, par poudrage, pulvérisation, immersion ou lavage, peut être très efficace. Il existe des formulations destinées à être versées sur le dos, la distribution de l'insecticide (un pyréthrinoïde) sur le reste du corps étant assurée par les mouvements de l'animal, notamment ceux de sa queue.

L'application d'une poudre insecticide peut se faire avec une boîte poudreuse ou avec une poudreuse à soufflet ou à plongeur. Les pulvérisations se font avec un pulvérisateur manuel à pression préalable. On peut utiliser les mêmes produits et les mêmes doses que dans le cas des puces (voir Tableau 4.2). Il est particulièrement important de traiter le dos, le cou, le ventre et l'arrière de la tête.

Les colliers en plastique imprégnés d'un insecticide dont on se sert pour débarrasser les chiens et les chats de leurs puces (voir Tableau 4.2) n'ont qu'une efficacité partielle contre la plupart des espèces de tique.

Pulvérisation d'insecticides dans les maisons et dans les lieux de repos des animaux

On peut tuer les tiques en pulvérisant un insecticide sur le sol dans les maisons, sous les porches, dans les vérandas, dans les chenils et les autres endroits utilisés pour dormir par des animaux domestiques. Des produits à effet rémanent qui conviennent sont indiqués au Tableau 4.4 (voir également p. 269).

Dans les maisons infestées par les tiques molles (*Ornithodoros*), on peut pulvériser du lindane (0,2 g/m^2) entre autres insecticides. Il faut spécialement veiller à traiter les cachettes et les lieux de repos des tiques dans les fissures et anfractuosités des murs, du sol et des meubles. Les pulvérisations intradomiciliaires d'insecticide à effet

rémanente pratiquées pour tuer les moustiques vecteurs du paludisme, se traduisent souvent par la réduction du nombre de tiques (voir aussi p. 263).

Tableau 4.4
Formulations insecticides utilisées contre les tiques

Méthode d'application	Formulation
Immersion partielle, lavage ou pulvérisation directe sur l'animal	malathion (5%), dichlorvos (0,1%), carbarile (1%), dioxathion (0,1%), naled (0,2%), coumaphos (1%)
Poudrage	carbarile (5%), coumaphos (0,5%), malathion (3-5%), trichlorphon (1%)
Pulvérisation d'un produit à effet rémanent sur le sol, etc.	solution ou émulsion huileuse de DDT (5%), lindane (0,5%), propoxur (1%), bendiocarbe (0,25-0,48%), pirimiphos-méthyl (1%), diazinon (0,5%), malathion (2%), carbarile (5%), chlorpyrifos (0,5%)
Nébulisation à très bas volume (pulvérisation spatiale)	organophosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes
Port par les chiens et les chats d'un collier anti-puces et anti-tiques	dichlorvos (20%), propoxur (10%), propétamphos (10%), perméthrine (11%)

Moustiquaires imprégnées

Pour lutter contre les tiques molles qui prennent habituellement leurs repas de sang à l'intérieur, sur des personnes en train de dormir, on peut utiliser des moustiquaires imprégnées (5) (voir également p. 262 et Chapitre 1).

Protection communautaire

La lutte est parfois menée à grande échelle dans des zones d'activités récréatives ou dans des zones dans lesquelles les tiques transmettent certaines maladies. La recherche de l'économie et de l'efficacité conduisent souvent à intégrer plusieurs méthodes dans une stratégie de lutte globale (*37*). Cette stratégie intégrée peut comporter les éléments ci-dessous:

- *Surveillance:* échantillonnage destiné à repérer les habitats de tiques où des mesures de lutte sont nécessaires.

- *Aménagement de la végétation:* mesures physiques ou chimiques visant à réduire et à isoler les habitats de tiques.

- *Action au niveau des hôtes:* élimination ou exclusion des animaux servant d'hôte.

- *Lutte chimique ciblée:* épandage de pesticides contre les tiques, en visant spécialement leurs hôtes ou leurs biotopes.

• *Pratiques culturelles:* modifications du mode de vie destinées à limiter exposition aux tiques.

• *Protection individuelle:* vêtements protecteurs; répulsifs; recherche et ablation des tiques.

Pulvérisations spatiales d'insecticides

La pulvérisation directe d'un produit dans les biotopes naturels occupés par les tiques dans les forêts et les champs peut enrayer les épidémies de certaines maladies à tiques (par exemple la maladie de Lyme (*38*), et les viroses neurotropes à tiques). A partir d'un hélicoptère ou d'un aéronef à voilure fixe, on peut pulvériser un acaricide liquide concentré sur de vastes superficies en utilisant un produit pour application à très bas volume. Dans le cas d'une petite étendue, la pulvérisation peut se faire avec un pulvérisateur à dos ou avec un brumisateur motorisés, en employant soit une formulation à très bas volume, soit une émulsion dans l'eau ou une poudre mouillable. L'efficacité est assurée pendant un mois ou plus, selon les conditions et les dimensions de la zone traitée. Des insecticides biodégradables qui conviennent sont indiqués au Tableau 4.4 (*39-44*).

Aménagement de la végétation

Dans les parcs et les campements, par exemple, on peut se débarrasser des tiques en éliminant la végétation qui leur sert d'habitat (*37, 45*). On peut procéder par abattage, fauchage ou application d'un herbicide.

Action au niveau des hôtes

On peut réduire l'importance des populations de tiques en éliminant les animaux sur lesquels elles prennent normalement leurs repas de sang. L'installation de clôtures permet de tenir à l'écart les gros animaux comme les cervidés (*37*).

Imprégnation au moyen d'un insecticide d'éléments entrant dans la construction des nids

Les rongeurs qui construisent un nid servent de réservoirs ou d'hôtes principaux naturels aux germes de nombreuses infections à transmission vectorielle, dont la maladie de Lyme et plusieurs des viroses neurotropes à tiques. Une stratégie de lutte antivectorielle ciblée sur un hôte déterminé consiste à imprégner d'insecticide un élément utilisé pour la construction de leurs nids par les rongeurs constituant des réservoirs de spirochètes responsables de la maladie de Lyme. Aux Etats-Unis d'Amérique, le principal réservoir est formé par une souris, le péromysque. Lorsqu'elles piquent ces souris, les larves de tique du cerf peuvent s'infecter de sorte que les nymphes dans lesquelles elles se transforment constituent des vecteurs contaminés. Comme les souris recueillent des matériaux mous pour construire leurs nids, leur infestation par les tiques cesse pratiquement lorsqu'on met à leur disposition du coton imprégné de perméthrine à 7-8%.

Cette méthode a été employée dans les quartiers résidentiels limitrophes de bois et de parcs, dans le nord des Etats-Unis d'Amérique, afin de réduire l'abondance des nymphes de tique contaminées (*46, 47*). Le matériau traité destiné à la construction

des nids est disposé tous les 10 mètres dans les lieux fréquentés par les souris, à l'intérieur de tubes distributeurs (de 4 cm de diamètre sur 20 cm de long) qui en assurent la protection. La technique d'imprégnation est brevetée et consiste à plonger du coton dans une émulsion de perméthrine avant de le faire sécher.

A l'évidence, il faut que les souris trouvent et utilisent le matériau qu'on leur propose pour que la méthode soit efficace, et l'on a signalé des échecs (*48*).

Toutefois, bien utilisé, un traitement de ce type, ciblé sur un hôte déterminé, permet de réduire notablement l'abondance des tiques infectées en utilisant 20 fois moins de matière active qu'avec un traitement insecticide par pulvérisation, d'où un coût nettement inférieur. Les programmes communautaires dans lesquels ce traitement est étendu à toutes les propriétés d'un quartier se sont révélés les plus efficaces.

Acariens

Les acariens sont de très petite taille, mesurant 0,5 à 2,0 mm de long; il en existe plusieurs milliers d'espèces dont beaucoup vivent sur les animaux. Comme les tiques, les acariens ont huit pattes et un corps non ou peu segmenté. Chez la plupart des espèces, le cycle comporte tous les stades: œuf, larve, nymphe et adulte. Les stades immatures sont analogues à l'adulte, mais de plus petite taille.

Certains acariens sont des vecteurs importants de rickettsioses, tel *Rickettsia tsutsugamushi* l'agent du typhus des broussailles, et de plusieurs viroses. Par leurs piqûres, les acariens peuvent constituer une nuisance importante pour l'homme et les animaux. De nombreuses personnes sont allergiques au contact ou aux piqûres d'acariens. L'un d'eux, le sarcopte de l'Homme, est responsable de la gale humaine. Les principaux acariens examinés ci-après sont les suivants:

- les acariens piqueurs (vecteurs du typhus des broussailles);
- le sarcopte;
- les acariens contenus dans la poussière des maisons.

Acariens piqueurs

De nombreuses espèces d'acariens sont des parasites des mammifères et des oiseaux et s'attaquent occasionnellement à l'Homme. Leur piqûre peut provoquer une irritation et une inflammation cutanées. Un groupe, celui des thrombiculidés, est responsable de la transmission du typhus des broussailles, provoqué en Asie et dans le Pacifique par *R. tsutsugamushi.* Seuls sont décrits ici les thrombididés; les autres acariens piqueurs ont sensiblement la même biologie et le même cycle biologique.

Biologie

Les thrombididés adultes mesurent environ 1-2 mm de long, sont de couleur rouge vif ou brun rouge et ont l'aspect du velours. La nymphe est analogue, mais plus petite. Les larves sont minuscules avec 0,15-0,3 mm seulement de longueur (Fig. 4.30). L'adulte et la nymphe ne piquent ni les animaux ni l'Homme, mais vivent dans le sol et se nourrissent d'autres acariens et de petits insectes, notamment de leurs œufs. En revanche, la larve se nourrit de tissu cutané.

Une fois sortie de l'œuf, la larve se traîne dans les herbes ou la végétation au voisinage du sol et dans les lits de feuilles mortes où elle attend le passage d'un animal ou d'un hôte humain. Elle se fixe sur la peau des reptiles, des oiseaux, des mammifères et des Hommes qui se déplacent ou se reposent dans ce biotope. Chez l'Homme, elle recherche les endroits où les vêtements sont serrés, avec une prédilection pour la taille et les chevilles.

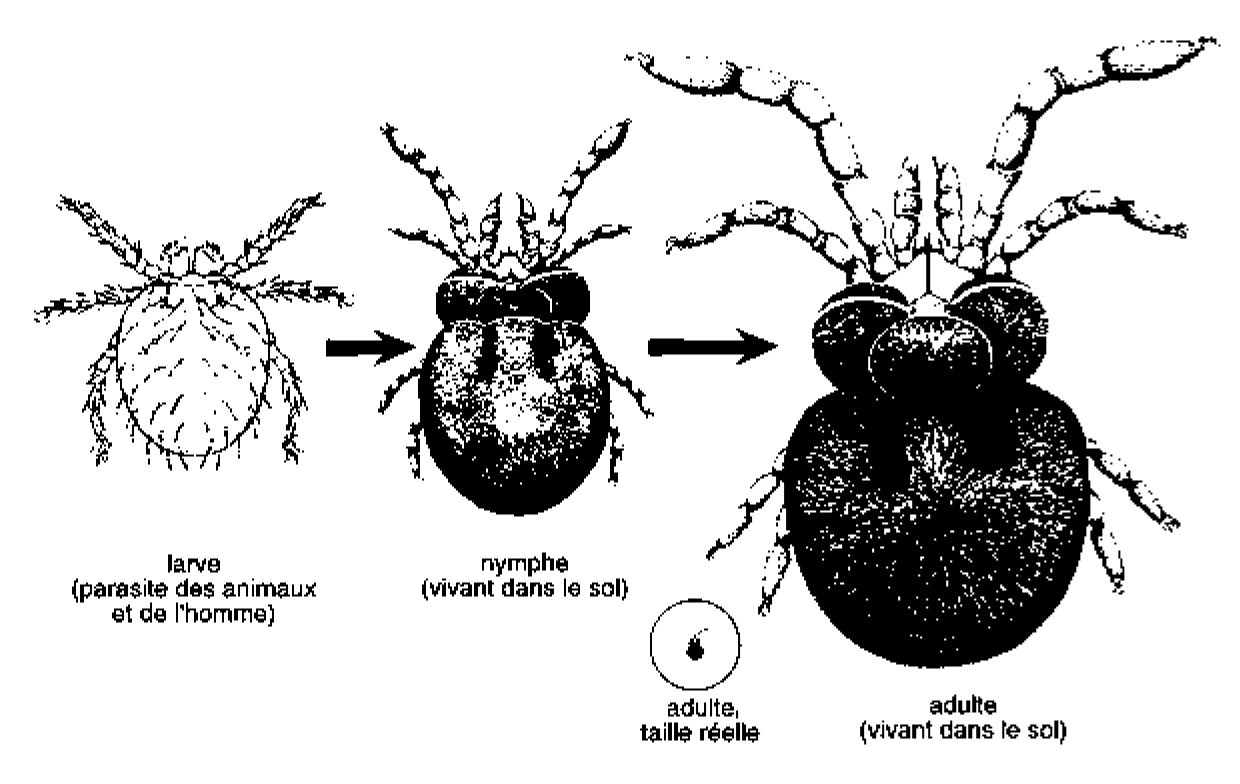


Fig. 4.30 Acarien piqueur (du genre *Thrombicula*). Reproduit de la référence *49,* avec l'aimable autorisation de l'éditeur. Copyright MacMillan Publishing Company.

La larve reste fixée sur la peau de son hôte de deux jours à un mois, selon les espèces, après quoi elle se laisse tomber sur le sol où elle s'enterre pour se transformer en nymphe puis en adulte, formes inoffensives.

Distribution

Les acariens ont une distribution très hétérogène, sur de petites étendues, du fait de leurs besoins spéciaux. Les nymphes et les adultes ont besoin de conditions pédologiques déterminées pour survivre et se développer, tandis que les larves ont besoin d'hôtes animaux tels que les rats sauvages, d'autres petits rongeurs et les oiseaux. Des biotopes convenables sont fournis aux acariens par les prairies, les broussailles, les forêts, les rizières abandonnées et les forêts éclaircies. On en trouve également dans les parcs, les jardins, les pelouses et les zones humides au bord des lacs et des cours d'eau.

Les larves attendent le passage d'un animal ou d'un Homme en se tenant sur les feuilles ou sur les tiges d'herbes sèches. En général, l'Homme se contamine lorsqu'il se déplace à pied ou stationne dans une zone infestée. Dans les régions tropicales et subtropicales, les bambuseraies sont un lieu de prédilection des acariens.

Importance pour la santé publique

Nuisance

Les piqûres d'acariens peuvent déterminer un prurit intense ainsi qu'une vive irritation et inflammation cutanée (érythème prurigineux). Elles sont généralement localisées aux membres inférieurs. A l'endroit de la piqûre, la peau gonfle légèrement et rougit. Un point rouge central indique la localisation de la larve. Comme ces larves sont invisibles à l'œil nu, elles restent le plus souvent inaperçues tant que la lésion de piqûre ne révèle pas leur présence.

Typhus des broussailles

Les acariens piqueurs peuvent transmettre un certain nombre de rickettsioses et de viroses à l'Homme, mais seule la plus importante est examinée ici, à savoir le typhus des broussailles, encore appelé fièvre fluviale du Japon. Il est provoqué par *Rickettsia tsutsugamushi* et débute brutalement, marqué par de la fièvre, des céphalées intenses et une adénopathie importante.

Le point de fixation de l'acarien infecté est le siège d'une lésion cutanée primitive, une ulcération à bords droits recouverte d'une escarre dont l'apparition précède habituellement l'épisode fébrile. Le taux de mortalité dépend des circonstances et peut aller de 1 à 60%.

Distribution et transmission

Le typhus des broussailles sévit surtout dans les zones rurales basses d'Asie et d'Australie (Fig. 4.31). Il a fait de nombreuses victimes chez les militaires pendant la Seconde Guerre mondiale et frappe principalement les personnes qui se rendent ou travaillent dans une zone infestée par les acariens: broussailles, terrain envahi par les mauvaises herbes, les ronces, etc., clairières, zones reboisées, nouveaux campements et nouveaux périmètres irrigués en région désertique.

Traitement, prévention et lutte

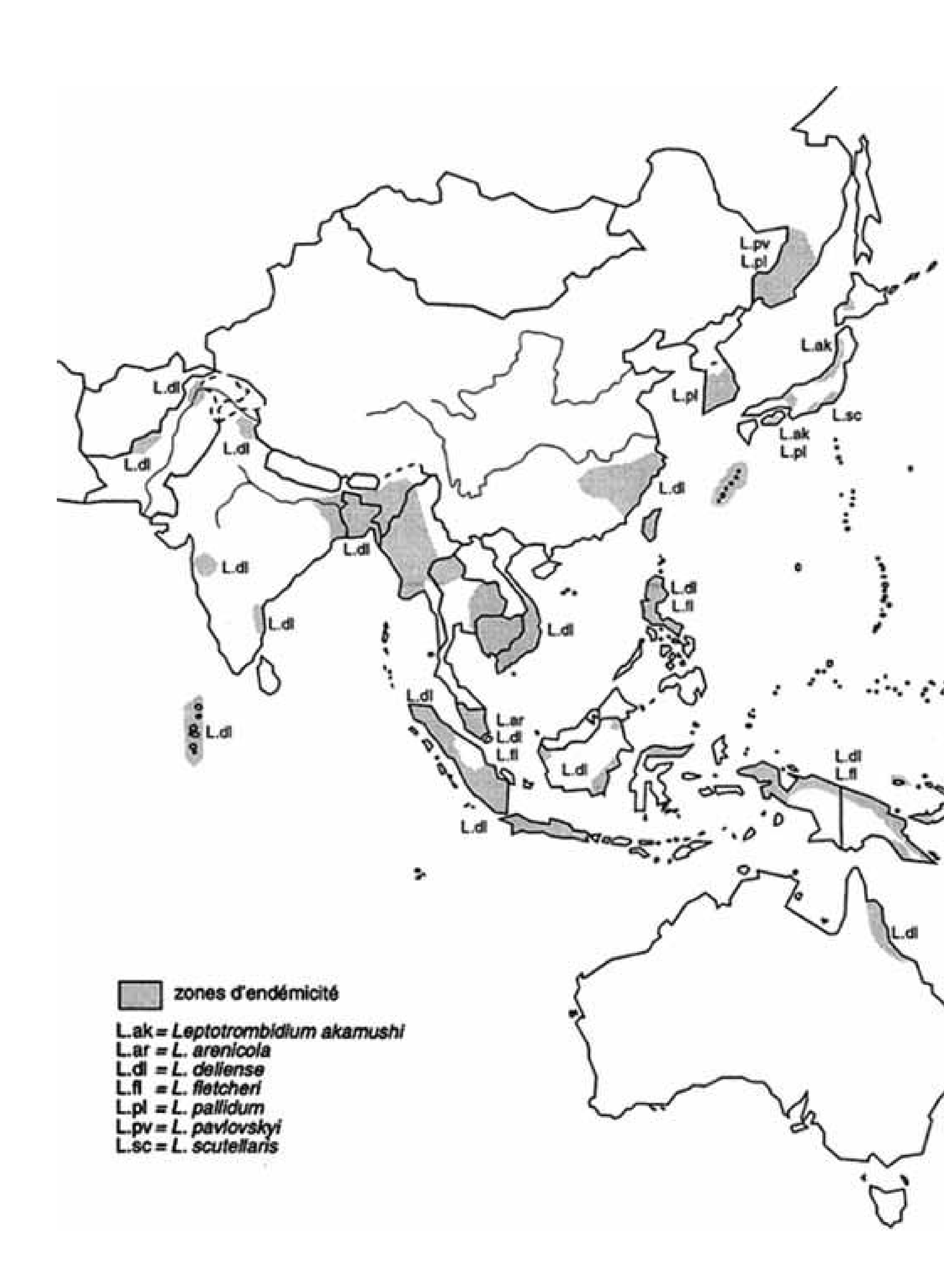
Les sujets contaminés peuvent être traités par la tétracycline ou ses dérivés. La prévention consiste à éviter tout contact avec les acariens. On peut se débarrasser des larves d'acariens en pulvérisant des insecticides à effet rémanent dans les zones boisées ou les broussailles, mais cette méthode est coûteuse.

Mesures de lutte

Prévention des piqûres

On peut éviter de se faire piquer en se tenant à l'écart des zones infestées et en s'appliquant un répulsif sur la peau et sur les vêtements. Les ouvertures des vêtements peuvent être traitées par application manuelle ou par pulvérisation. Il suffit normalement d'une bande de 1-3 cm de large. Le benzoate de benzyle, le phtalate de diméthyle, le DEET, le carbamate de diméthyle et l'éthylhexanediol constituent des répulsifs efficaces. En cas d'exposition fréquente, la meilleure façon de se protéger consiste à porter des vêtements imprégnés d'insecticide et à insérer le bas du pantalon

dans les chaussettes. Quand la végétation est basse, le traitement peut être limité aux chaussettes et au bas des jambes de pantalon. Pour les vêtements, on peut utiliser un ou plusieurs des répulsifs ci-dessus ou un pyréthrinoïde (voir Chapitre 2) assurant une protection plus durable, même après un ou deux lavages. L'expérience montre que le DEET et le phtalate de diméthyle sont les répulsifs les plus efficaces contre certaines espèces d'acariens (*50, 51*).



L.pv
L.pl
L.ak
L.pl
L.sc
L.ak
L.pl
L.dl
L.dl
L.dl
L.dl
L.dl
L.dl
L.dl
L.dl
L.fl
L.dl
L.dl
L.dl
L.ar
L.dl
L.fl
L.dl
L.dl
L.dl
L.fl
L.dl
zones d'endémicité
L.ak = *Leptotrombidium akamushi*
L.ar = *L. arenicola*
L.dl = *L. deliense*
L.fl = *L. fletcheri*
L.pl = *L. pallidum*
L.pv = *L. pavlovskyi*
L.sc = *L. scutellaris*

Fig. 4.31 Régions d'Asie du Sud-Est et du Pacifique occidental où l'on observe le typhus des broussailles (© OMS).

Elimination de la végétation

Il est très difficile de venir à bout des acariens en les détruisant dans leurs biotopes du fait de leur distribution disséminée. Quand on arrive à repérer les îlots végétaux qui abritent un grand nombre de larves d'acariens, on peut avoir intérêt à les éliminer par brûlis ou abattage avant de labourer ou de décaper le sol. Une autre bonne méthode consiste à faucher les herbes ou mauvaises herbes de ces îlots. Ce genre de mesures est recommandé au voisinage des campements et des bâtiments.

Pulvérisation d'insecticides à effet rémanent sur la végétation

Quand il est impossible d'éliminer la végétation, on peut pulvériser un insecticide à effet rémanent sur les îlots infestés par les acariens. Une application jusqu'à une hauteur de 20 cm au-dessus du sol s'est révélée efficace en Europe contre les acariens cachés dans les graminées, autour des maisons, des hôpitaux et des campements. L'épandage peut se faire par brumisation avec un équipement pour pulvérisation sous volume ultra-faible. Comme insecticides, on peut utiliser le diazinon, le fenthion, le malathion, le propoxur ou la perméthrine (*52*).

Sarcopte de la gale

Le sarcopte de la gale, *Sarcoptes scabiei,* détermine chez l'Homme une dermatose prurigineuse cosmopolite, connue sous le nom de gale.

Biologie

Le sarcopte de la gale mesure 0,2 à 0,4 mm de long et il est pratiquement invisible à l'œil nu (Fig. 4.32). Son cycle de développement se déroule presque entièrement chez l'Homme, à la surface ou dans l'épaisseur de la peau. Pour se nourrir et pondre, la femelle fécondée fore une galerie épidermique, le «sillon», qu'elle prolonge à raison de 1-5 mm par jour et qui se manifeste extérieurement par la présence de petites lignes sinueuses extrêmement minces, mesurant quelques millimètres à plusieurs centimètres de long. Pour passer de l'œuf au stade adulte, il suffit parfois de deux semaines. Les femelles peuvent vivre sur l'Homme pendant 1 à 2 mois. Lorsqu'elles se détachent de leur hôte, elles ne survivent que quelques jours.

Le sarcopte de la gale siège en général aux endroits où la peau est mince et ridée, par exemple les espaces interdigitaux, les faces latérales du pied et de la main (Fig. 4.33), le pli du coude et du genou, le pénis, les seins et les omoplates. Chez le jeune enfanta le sarcopte peut avoir d'autres localisations, notamment le visage.

Importance pour santé publique

Transmission

La transmission du sarcopte se fait généralement par contact interpersonnel étroit, par exemple entre deux personnes qui dorment côte à côte ou à l'occasion d'un rapport

sexuel. La dispersion s'opère principalement au sein des familles, de sorte que si l'un des membres de la famille attrape la gale, il est probable que les autres vont faire de même. En revanche, le risque d'infestation est minime lorsqu'on dort dans un lit précédemment utilisé par une personne contaminée, alors que la contagion peut se faire par l'intermédiaire des sous-vêtements.

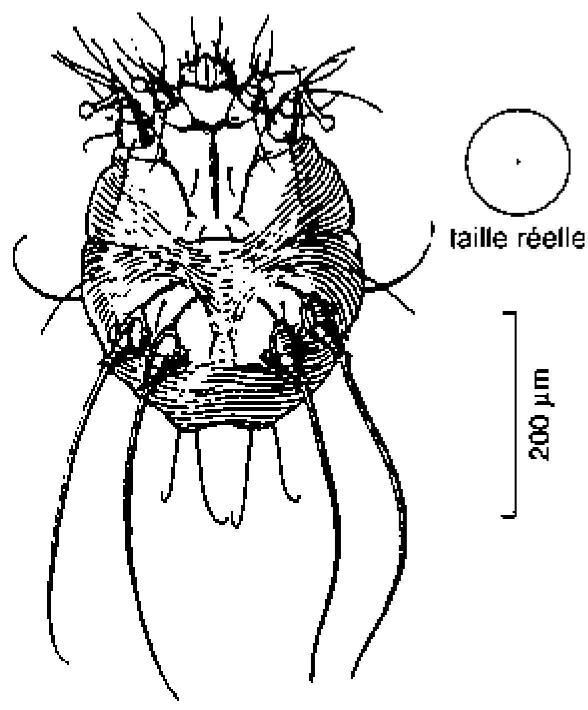


Fig. 4.32 Sarcopte de la gale. D'une longueur de 0,2-0,4 mm, il est difficilement visible à l'œil nu (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

Distribution

La gale est répandue dans le monde entier, frappant toutes les tranches d'âge et toutes les catégories sociales. Dans certains pays en développement, elle peut concerner jusqu'au quart de la population. Elle est particulièrement répandue chez les jeunes enfants. Des poussées de gale sont fréquemment signalées en cas d'entassement et de manque d'hygiène, par exemple dans les camps de réfugiés, les prisons et les crèches mal tenues.

Clinique

On voit d'abord apparaître une petite trace rougeâtre, légèrement surélevée et extrêmement prurigineuse. Il se forme ensuite à la surface de la peau des papules et des vésicules de la taille d'une tête d'épingle qui finissent par éclater. Les lésions de grattage, en saignante entraînent la propagation de l'infestation. Si le patient se gratte énergiquement et sans arrêta une surinfection est fréquente, entraînant une pyodermite, la formation de pustules et un eczéma.



Fig. 4.33 Infestation massive de la peau du poignet par le sarcopte de la gale (*53*).

Un rash cutané évoquant la gale est possible dans des régions du corps d'où le sarcopte est pourtant absent. Il s'agit d'une réaction allergique qui se produit principalement au niveau des fesses, de la taille et des épaules.

Chez les nouveaux sujets contaminés, le prurit et le rash cutané n'apparaissent qu'au bout de 4-6 semaines, tandis que, chez les sujets qui avaient déjà été infestés, le rash se manifeste après quelques jours.

Il existe une forme rare de la maladie, la gale «norvégienne», qui est associée à un nombre considérable de sarcoptes et consiste dans une dermatose croûteuse affectant spécialement la paume des mains et la plante des pieds. Elle semble plus fréquente chez les immunodéprimés (spécialement les sujets infectés par le VIH) que chez les sujets immunocompétents (*54-56*).

Confirmation

La confirmation du diagnostic peut se faire en prélevant par grattage un fragment de peau que l'on place entre lame et lamelle pour y rechercher le sarcopte. L'application d'une huile minérale facilite le prélèvement et l'examen. Une autre méthode consiste à

badigeonner d’encre les zones cutanées atteintes, puis à les laver pour faire apparaître les sillons.

Traitement

On a récemment découvert que l’ivermectine, utilisée dans le traitement de l’onchocercose et de la filariose lymphatique, est également efficace contre la gale. Elle est administrée par voie orale, en une seule dose de 100-200 µg par kg de poids corporel (*57-59*).

Les traitements classiques visent à tuer le sarcopte avec un insecticide (voir Tableau 4.5). On trouvera pp. 283-286 des renseignements sur la façon de fabriquer et d’appliquer les formulations. Même si le traitement est efficace, le prurit persiste un certain temps mais finit par disparaître. Il est indispensable de traiter tout l’entourage familial pour prévenir une réinfestation.

La plupart des traitements assurent une guérison complète, encore qu’il faille parfois une seconde application au bout de 2 à 7 jours. On évitera un traitement excessif, car certains composés sont toxiques.

Tableau 4.5
Insecticides utilisables contre la gale en crème, en lotion ou en émulsion aqueuse

Insecticide	**Formulation**
benzoate de benzyle	émulsion à 20-25%
soufre	dans un liquide huileux
lindane	crème ou lotion à 1%
malathion	émulsion aqueuse à 1%
perméthrine	pain de savon à 1% ou crème à 5%

Les insecticides couramment utilisés contre la gale sont le lindane (lotion à 10%), le benzoate de benzyle (lotion à 10%), le crotamiton (crème à 10%) et la perméthrine (crème à 5%). On considère aujourd’hui que cette dernière est le médicament de choix du fait de sa très grande efficacité et du faible risque d’effets secondaires (*55, 60-62*).

Mode d’application

Il faut badigeonner la totalité du corps au-dessous du cou sans se limiter aux endroits où siège le prurit. Comme le produit doit être laissé en contact jusqu’au lendemain, le patient ne doit pas se laver avant, mais il peut s’habiller après avoir attendu environ un quart d’heure pour que le produit sèche.

Acariens contenus dans la poussière des maisons

Les acariens présents dans la poussière des logements (complexe *Dermatophagoides*) ont une distribution mondiale (Fig. 4.34). Extrêmement petits (0,3 mm), ils vivent dans les meubles, les lits, les oreillers et les tapis où ils se nourrissent de débris organiques, telles les cellules desquamantes de la peau et les pellicules détachées du cuir chevelu. Chez de nombreuses personnes, l’inhalation de poussière domestique

chargée d'acariens, de déjections d'acariens et d'autres débris et champignons associés à ces nuisibles détermine des réactions allergiques, par exemple de l'asthme ou un coryza. En faisant les lits, on peut mettre en suspension dans l'air un grand nombre d'allergènes produits par ces acariens.

Dans les pays de la zone tempérée, les acariens s'observent tout au long de l'année, principalement dans les lits et les tapis. Ceux d'entre eux qui vivent sur le sol des salles de séjour ont un pic de densité vers la fin de l'été et le début de l'automne.

D'autres acariens qui déterminent des réactions analogues chez l'Homme vivent dans les stocks de produits divers, notamment de céréales et d'aliments pour animaux.

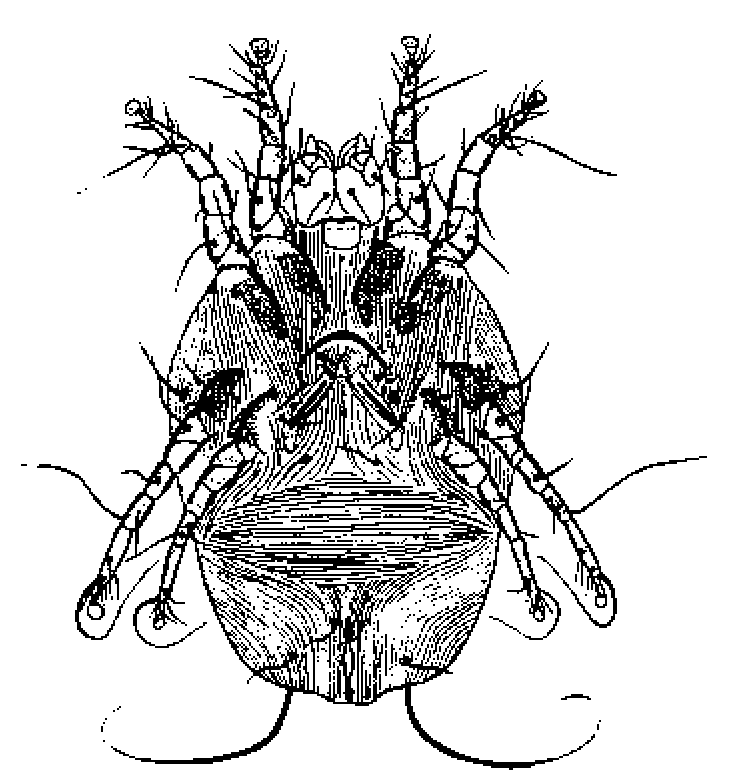


Fig. 4.34 Acarien de la poussière domestique (*Dermatophagoides pteronyssinus*) (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

Prévention et lutte

Pour déterminer la densité des allergènes provenant des acariens contenus dans la poussière des logements, on peut mesurer la teneur de la poussière en déjections d'acariens (guanine) (*63*).

Pour réduire la présence d'acariens et de champignons associés, on peut diminuer l'humidité et améliorer la ventilation des pièces et éliminer la poussière. Il faut aérer les chambres à coucher et les salles de séjour de façon régulière ou prendre d'autres mesures pour réduire l'humidité. En secouant la literie et en lavant fréquemment les draps et les couvertures, on réduit la nourriture à la disposition des acariens et, par voie de conséquence, la densité de cette vermine. Une autre méthode efficace consiste à passer l'aspirateur dans les lits, sur les tapis et dans les meubles. Les insecticides d'utilisation générale contre les ravageurs ne sont pas efficaces, mais il existe un

produit spécial à base de benzoate de benzyle qui détruit les acariens lorsqu'on l'applique sur les matelas, les tapis et les capitonnages et autres garnitures de meubles (*63, 64*).

Bibliographie

1. Jupp PG, McElligott SE, Lecatsas G. The mechanical transmission of hepatitis B virus by the common bedbug (*Cimex lectularis*) in South Africa. *South African medical journal.,* 1983, 63: 77-81.

2. Maymans MV et al. Risk factors for transmission of hepatitis B virus to Gambian children. *Lancet,* 1990, 336: 1107-1109.

3. Maymans MV et al. Do bedbugs transmit hepatitis B? *Lancet,* 1994, 343: 761-763.

4. Schofield CJ et al. A key for identifying faecal smears to detect domestic infestations of triatomine bugs. *Revisto da Sociedade brasileira de Medicina Tropical,* 1986, 1: 5-8.

5. Lindsay SW et al. Permethrin-impregnated bednets reduce nuisance arthropods in Gambian houses. *Medical and veterinary entomology,* 1989, 3: 377-383.

6. Charlwood JD, Dagoro H. Collateral effects of bednets impregnated with permethrin against bedbugs (*Cimicidae*) in Papua New Guinea. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1989, 83: 261.

7. Newberry K, Jansen EJ, Quann AG. Bedbug infestation and intradomiciliary spraying of residual insecticide in Kwazulu, South Africa. *South African Journal of science,* 1984, 80:377.

8. Newberry K, Jansen EJ. The common bedbug *Cimex lectularis* in African huts. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1986, 80: 653-658.

9. Butler T. The black death past and present. 1. Plague in the 1980s. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1989, 83: 458-460.

10. Schein E, Hauschild S. Bekämpfung des Flohbefalls bei Hunden und Katzen mit dem Insekten-Entwicklungshemmer Lufenuron (Program®). Ergebnisse einer Feldstudie. [Lutte contre l'infestation des chats et des chiens par les puces au moyen d'un inhibiteur du développement des insectes, le lufénuron (Program®). Résultats d'une étude de terrain.] *Kleintierpraxis,* 1995, 40: 277-284.

11. Osbrink WLA, Rust MK, Reierson DA. Distribution and control of cat fleas in homes in southern California (*Siphonaptera: Pulicidae*). *Journal of economic entomology,* 1986, 79: 135-140.

12. Rust MK, Reierson DA. Activity of insecticides against the pre-emerged adult cat flea in the cocoon (*Siphonaptera: Pulicidae*). *Journal of medical entomology,* 1989, 26: 301-305.

13. Lemke LA, Koehler PG, Patterson RS. Susceptibility of the cat flea (*Siphonaptera: Pulicidae*) to pyrethroids. *Journal of economic entomology,* 1989, 82: 839-841.

14. Miller BE et al. Field studies of systematic insecticides: V. Evaluation of seven organophosphate compounds for flea control on native rodents and rabbits in south-eastern New Mexico. *Journal of medical entomology,* 1978, 14: 651-661.

15. Schinghammer KA, Ballard EM, Knapp FW. Comparative toxicity often insecticides against the cat flea, *Ctenocephalides felis* (*Siphonaptera: Pulicidae*). *Journal of medical entomology,* 1985, 22: 512-514.

16. *Fleas. Training and information guide.* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1985 (document non publié WHO/VBC/TS/85.1, disponible sur demande auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

17. Gratz NG, Brown AWA. *Fleas - biology and control.* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1983 (document non publié WHO/VBC/TS/83.874, disponible sur demande auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

18. Cook GC. *Manson's tropical diseases,* 20e éd., Londres, W.B. Saunders Company Ltd, 1996.

19. Rietschel W. Observations on sandfleas (*Tunga pénétrons*) in man and dogs in French Guiana. *Tierarztiche Praxis,* 1989, 17: 189-193.

20. Chunge RN. A study of head lice among primary school children in Kenya. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1986, 80: 42-46.

21. Sinniah B, Sinniah D, Rajeswari B. Epidemiology and control of human head louse in Malaysia. *Tropical and geographical medicine,* 1983, 35: 337-342.

22. Tap lin D et al. Permethrin 1% crème rinse for the treatment of *Pediculus humanus* var. *capitis* infestation. *Pediatric dermatology,* 1986, 3: 344-348.

23. Preston S, Fry L. Malathion lotion and shampoo: a comparative trial in the treatment of head lice. *Journal of the Royal Society of Health,* 1977, 97: 291.

24. Donaldson RJ, Logis S. Comparative trial of shampoos for treatment of head infestation. *Journal of the Royal Society of Health,* 1986, 105: 39-40.

25. Sinniah B et al. Pediculosis among rural school children in Kelang, Selangor, Malaysia and their susceptibility to malathion, carbaryl, Perigen and kerosen. *Journal of the Royal Society of Health,* 1984, 104: 114-115.

26. Bowerman JG et al. Comparative study of permethrin 1% crème rinse and lindane shampoo for the treatment of head lice. *Journal of infectious diseases,* 1987, 6: 252-255.

27. Lipkin J. Treating head lice: it's a pesticide issue, too. *Journal of pesticide reform,* 1989, 9: 21-22.

28. Fusia JF et al. Nationwide comparative trial of pyrethrins and lindane for pediculosis in children: experience in north-eastern United States. *Current therapeutic research,* 1987, 41:881-890.

29. Sholdt LL et al. Effectiveness of permethrin-treated military uniform fabric against human body lice. *Military medicine,* 1989, 154: 90-93.

30. Service MW. *Lecture notes on medical entomology.* Londres, Blackwell Scientific, 1986.

31. Barclay AJ, Coulter JB. Tick-borne relapsing fever in central Tanzania. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene,* 1990, 84: 852-856.

32. Jaenson TGT. The epidemiology of Lyme borreliosis. *Parasitology today,* 1991, 2: 39-45.

33. Schreck CE, Snoddy EL, Mount GA. Permethrin and repellents as clothing impregnants for protection from the lone star tick. *Journal of economic entomology.,* 1980, 73: 436-439.

34. Schreck CE, Mount GA, Carlson DA. Wear and wash persistence of permethrin used as a clothing treatment for personal protection against the lone star tick (*Acari: Ixodidae*)*. Journal of medical entomology,* 1982, 19: 143-146.

35. Schreck CE, Mount GA, Carlson DA. Pressurized sprays of permethrin on clothing for personal protection against the lone star tick (*Acari: Ixodidae*)*. Journal of economic entomology,* 1982, 75: 1059-1061.

36. Schreck CE, Snoddy EL, Spielman A. Pressurized sprays of permethrin or deet on military clothing for personal protection against *Ixodes dammini* (*Acari: Ixodidae*). 1986.

37. Bloemer SR et al. Management of lone star ticks (*Acari: Ixodidae*) in recreational areas with acaricide applications, vegetative management, and exclusion of white-tailed deer. *Journal of medical entomology,* 1990, 27: 543-550.

38. Stafford KC, III. Effectiveness of carbaryl applications for the control *of Ixodes dammini* (*Acari: Ixodidae*) nymphs in an endemic area. *Journal of medical entomology,* 1991, 28: 32-36.

39. Mount GA et al. Area control of larvae of the lone star tick with acaricides. *Journal of economic entomology,* 1983, 76: 113-116.

40. Mount GA et al. Insecticides for control of the lone star tick tested as ULV sprays in wooded areas*. Journal of economic entomology,* 1968, 61: 1005-1007.

41. Rupes V et al. Efficiency of some contact insecticides on the tick *Ixodes ricinus. International pest control,* 1980, 6: 144-147, 150.

42. Dmitriev GA. The effectiveness of some insecticides against ticks. *International pest control,* 1978, 5: 10-11.

43. Roberts RH, Zimmerman JH, Mount GA. Evaluation of potential acaricides as residues for the area control of the lone star tick. *Journal of economic entomology,* 1980, 73: 506-509.

44. White DJ et al. Control of *Dermacentor variabilis.* 3. Analytical study of the effect of low volume spray frequency. *Journal of the New York Entomological Society,* 1981, 89: 23-33.

45. Mount GA**.** Control of the lone star tick in Oklahoma parks through vegetative management. *Journal of economic entomology,* 1981, 74: 173-175.

46. Mather TN et al. Reducing transmission of Lyme disease spirochetes in a suburban setting. *Annals of the New York Academy of Sciences,* 1988, 539: 402-403.

47. Deblinger RD, Rimmer DW. Efficacy of a permethrin-based acaricide to reduce the abundance of *Ixodes dammini* (*Acari: Ixodidae*)*. Journal of medical entomology,* 1991, 28: 708-711.

48. Daniels TJ, Fish D, Falco RC. Evaluation of host-targeted acaricide for reducing risk of Lyme disease in southern New York State. *Journal of medical entomology,* 1991, 28: 537-543.

49. Harwood RF, James MT. *Entomology in human and animal health,* 7e éd., New York, Macmillan, 1979.

50. Buescher MD et al. Repellent tests against *Leptotrombidium fletcheri* (*Acari: Trobiculidae*)*. Journal of medical entomology,* 1984, 21: 278-282.

51. Kulkarni SM. Laboratory evaluation of some repellents against larval trombiculid mites. *Journal of medical entomology,* 1977, 14: 64-70.

52. Roberts SH, Zimmerman JH. Chigger mites: efficacy of control with two pyrethroids. *Journal of economic entomology,* 1980, 73: 811-812.

53. Guiart J. In: Gilbert A, Fournier L, eds. *Précis de parasitologie.* Library of the Doctorate of Medicine. Paris, J-B Baillière & Sons, 1910.

54. Orkin M, Maibach HI. Scabies therapy. *Seminars in dermatology,* 1993, 12: 22-25.

55. Kolar KA, Rapini RP. Crusted (Norwegian) scabies. *American family physician,* 1991, 44:1317-1321.

56. Berger TG. Treatment of bacterial, fungal and parasitic infections in the HIV-infected host. *Seminars in dermatology,* 1993, 12: 296-300.

57. Kar SK, Mania J, Patnaik S. The use of ivermectin for scabies. *National medical journal of India,* 1994, 7: 15-16.

58. Macotela-Ruiz E, Pena-Gonzalez G. The treatment of scabies with oral ivermectin. *Gaceta medica de Mexico,* 1993, 129: 201-205.

59. Glazion P et al. Comparison of ivermectin and benzyl benzoate for treatment of scabies. *Tropical medicine and parasitology,* 1993, 44: 331-332.

60. Taplin D et al. Comparison of Crotamin 10% cream (Eurax) and permethrin 5% cream (Elimite) for the treatment of scabies in children. *Pediatric dermatology,* 1990, 7: 67-73.

61. Palier AS. Scabies in infants and small children. *Seminars in dermatology,* 1993, 12: 3-8.

62. Haustein UF. Pyrethrin and pyrethroid (permethrin) in the treatment of scabies and pediculosis. *Hautarzt,* 1991, 42: 9-15.

63. Bischoff E, Fischer A, Liebenberg B. Assessment and control of house dust mite infestation. *Clinical therapeutics,* 1990, 12: 216-220.

64. Van Bronswijk JEMH, Schober G, Kniest FM. The management of house dust mite allergies. *Clinical therapeutics*, 1990, 12: 221-226.

Chapitre 5. Blattes

Insectes détritivores et mauvaise hygiène

Les blattes comptent parmi les nuisibles les plus répandus dans de nombreux logements et autres bâtiments. Pendant la nuit, elles cherchent leur nourriture dans les cuisines, les réserves de denrées alimentaires, les poubelles, les caniveaux et les égouts. Elles constituent une nuisance du fait de leurs habitudes de grande malpropreté et de leur odeur désagréable. Certains sujets peuvent devenir allergiques aux blattes à la suite d'une exposition fréquente. Ces insectes jouent parfois un rôle dans la propagation de maladies intestinales telles que la diarrhée, la dysenterie, la typhoïde et le choléra.

Biologie

Les blattes sont des insectes au corps aplati, généralement muni de deux paires d'ailes repliées à plat sur le dos (Fig. 5.1). La plupart des espèces volent rarement, mais se déplacent sur leurs pattes très rapidement. Leur couleur va en général du brun clair au noir. Selon les espèces, leur longueur est comprise entre 2-3 mm et plus de 80 mm.

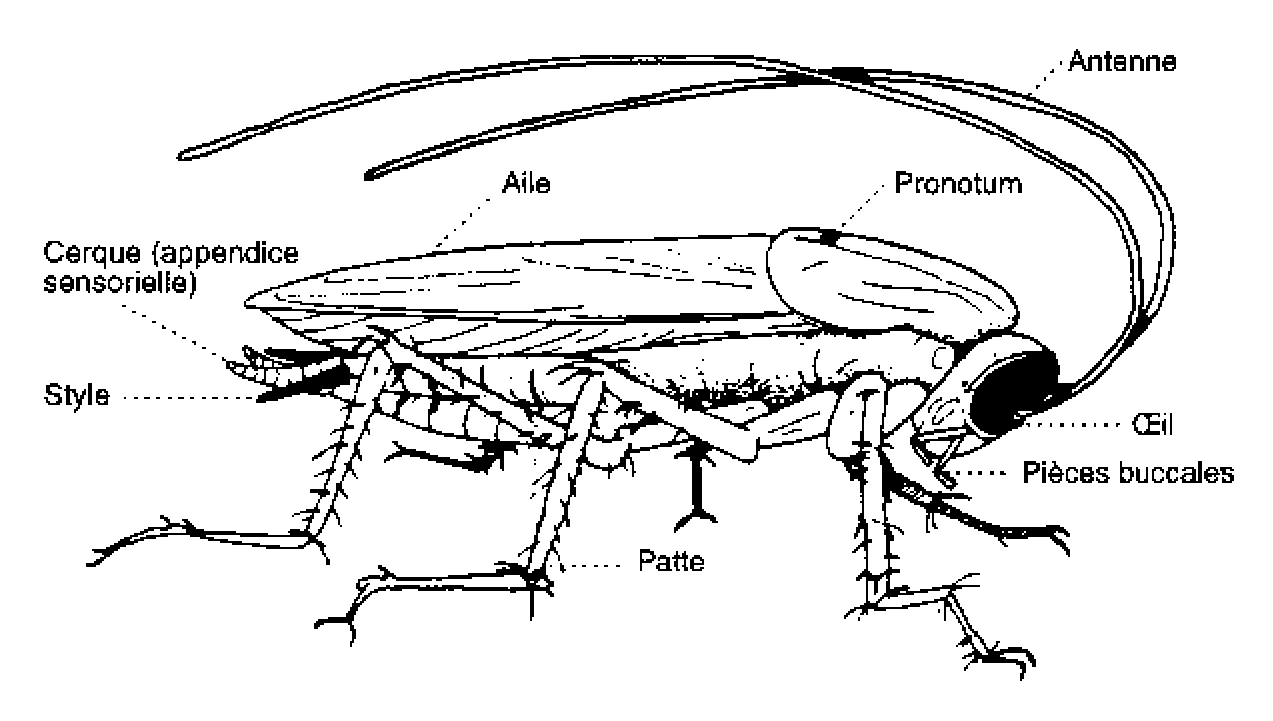


Fig. 5.1 Vue latérale d'une blatte (*Blattella germanica*) (© OMS).

WHO 96481

Sur les plus de 3500 espèces identifiées, seules quelques-unes ont de l'importance pour l'homme, car elles se sont adaptées à vivre dans les bâtiments. Les espèces les plus courantes sont les suivantes:

• *Periplaneta americana*, la blatte américaine, qui est cosmopolite. Elle mesure 35 à 40 mm de long et elle est de couleur rougeâtre brillant à chocolat (Fig. 5.2 (a)). L'oothèque mesure 8-10 mm de long et contient 16 œufs.

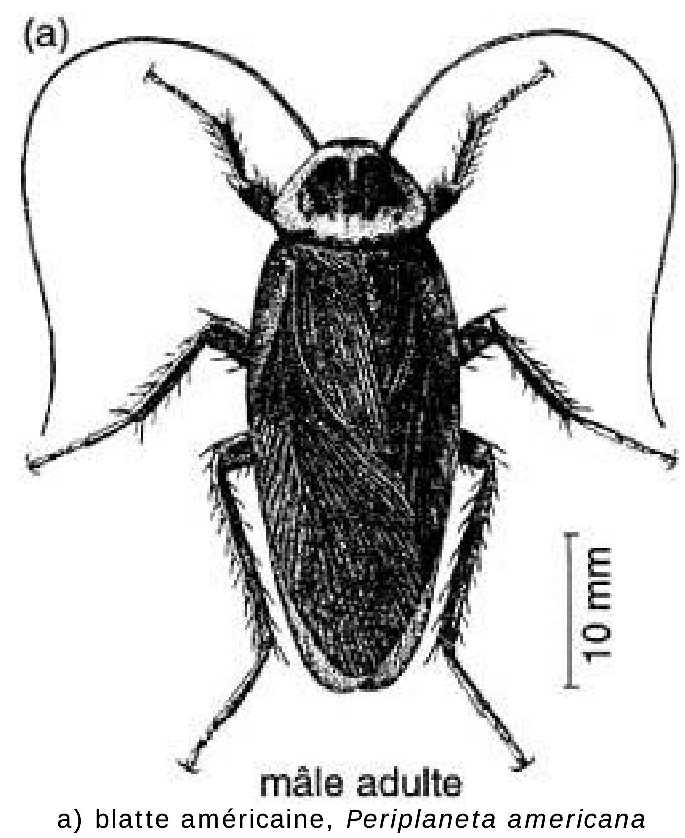
• *Periplaneta australasiae*, la blatte australienne, se rencontre principalement dans les régions tropicales et subtropicales. Elle ressemble à la blatte américaine, mais elle est plus petite (31-37 mm de long) et plus foncée (Fig. 5.2 (b)). Chacune des ailes antérieures comporte une bande jaune pâle qui s'étend à peu près sur le tiers de sa longueur. L'oothèque contient environ 22-24 œufs.

• *Blatta orientalis*, la blatte orientale, se rencontre surtout dans les régions au climat tempéré et frais. De couleur noirâtre, elle mesure 20-27 mm de long (Fig. 5.2 (c)). L'oothèque mesure 10-12 mm de long et contient 16-18 œufs.

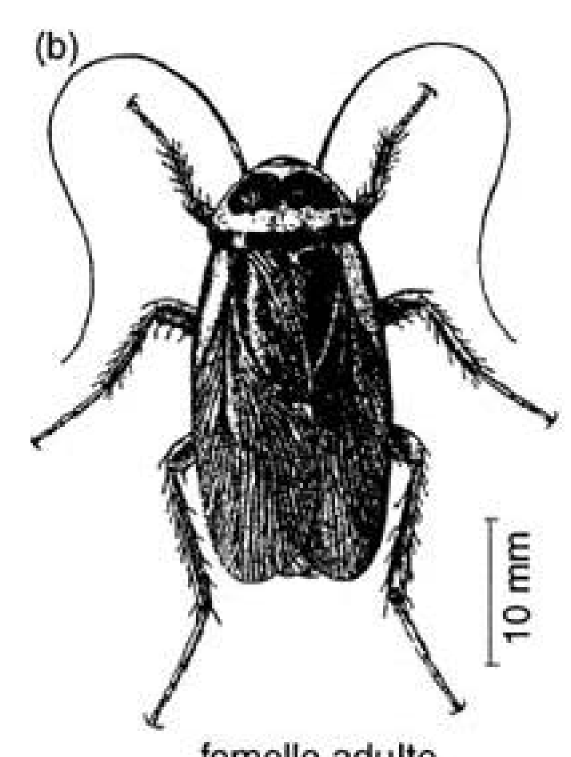
• *Supella longipalpa*, la blatte à bandes brunes, est cosmopolite. Elle mesure 10-14 mm de long et son corps est marqué de bandes jaunes et brunes (Fig. 5.2 (d)). L'oothèque mesure 4-5 mm de long et contient environ 16 œufs.

• *Blattella germanica*, le papin ou phyllodromie, se trouve dans la plupart des régions du monde. De couleur brun jaunâtre clair, elle mesure 10-15 mm de long, ce qui en fait l'une des plus petites blattes domestiques (Fig. 5.2 (e)). En général, la femelle n'expulse l'oothèque qu'immédiatement avant l'éclosion. L'oothèque est de couleur claire, mesure environ 7-9 mm de long et contient une quarantaine d'œufs.

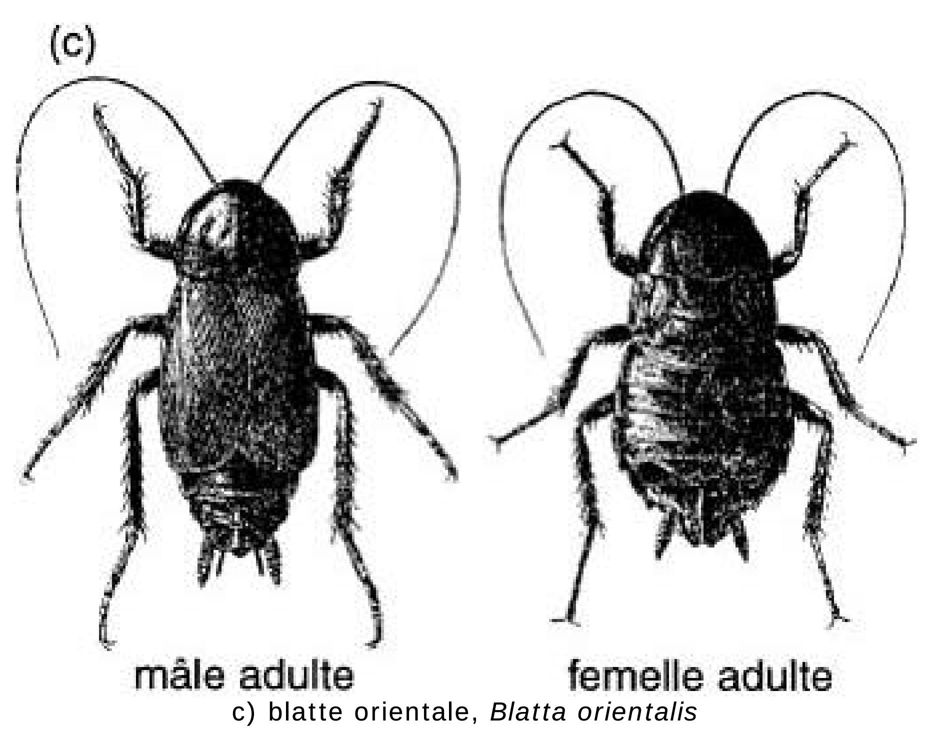
Fig. 5.2 Espèces de blattes les plus courantes (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).



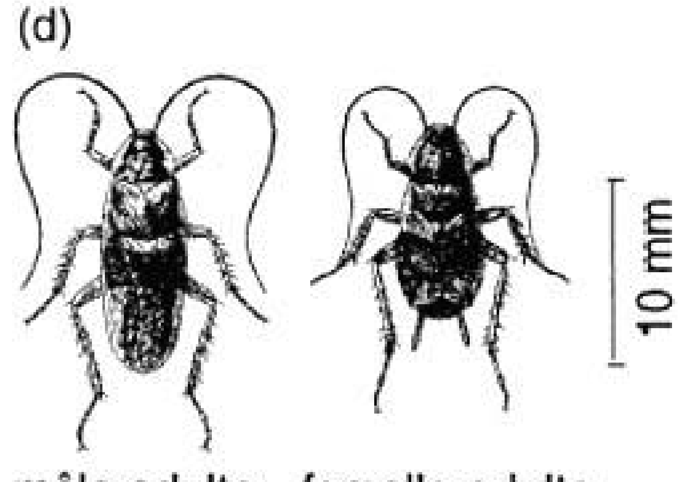
a) blatte américaine, *Periplaneta americana*



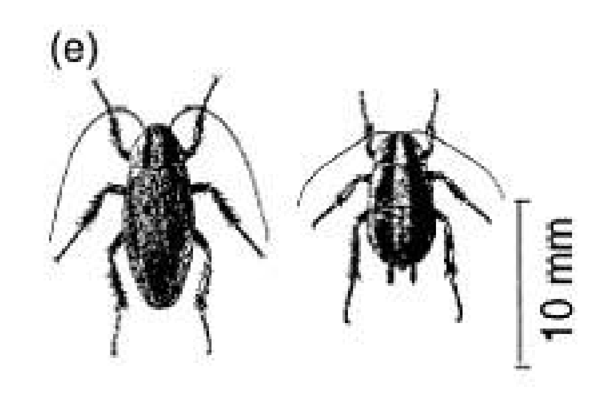
b) blatte australienne, *Periplaneta australasiae*



c) blatte orientale, *Blatta orientalis*



d) blatte à bandes brunes, *Supella longipalpa*



e) papin ou phyllodromie, *Blattella germanica*

WHO 96482

Cycle de développement

Les blattes sont des insectes relativement primitifs ayant un cycle de développement réduit à trois stades: œuf, nymphe et adulte (Fig. 5.3). La femelle pond ses œufs par groupes entourés d'une oothèque, c'est-à-dire d'une sorte d'étui ou de capsule coriace ayant l'aspect d'une gousse. Certaines espèces comme le papin portent l'oothèque à l'extrémité de leur abdomen pendant plusieurs semaines. La plupart des autres s'en débarrassent au bout d'un ou deux jours. Les oothèques ont une forme très caractéristique qui sert souvent de clef d'identification. Selon l'espèce, la température et l'humidité, l'éclosion a lieu au bout de 1 à 3 mois.

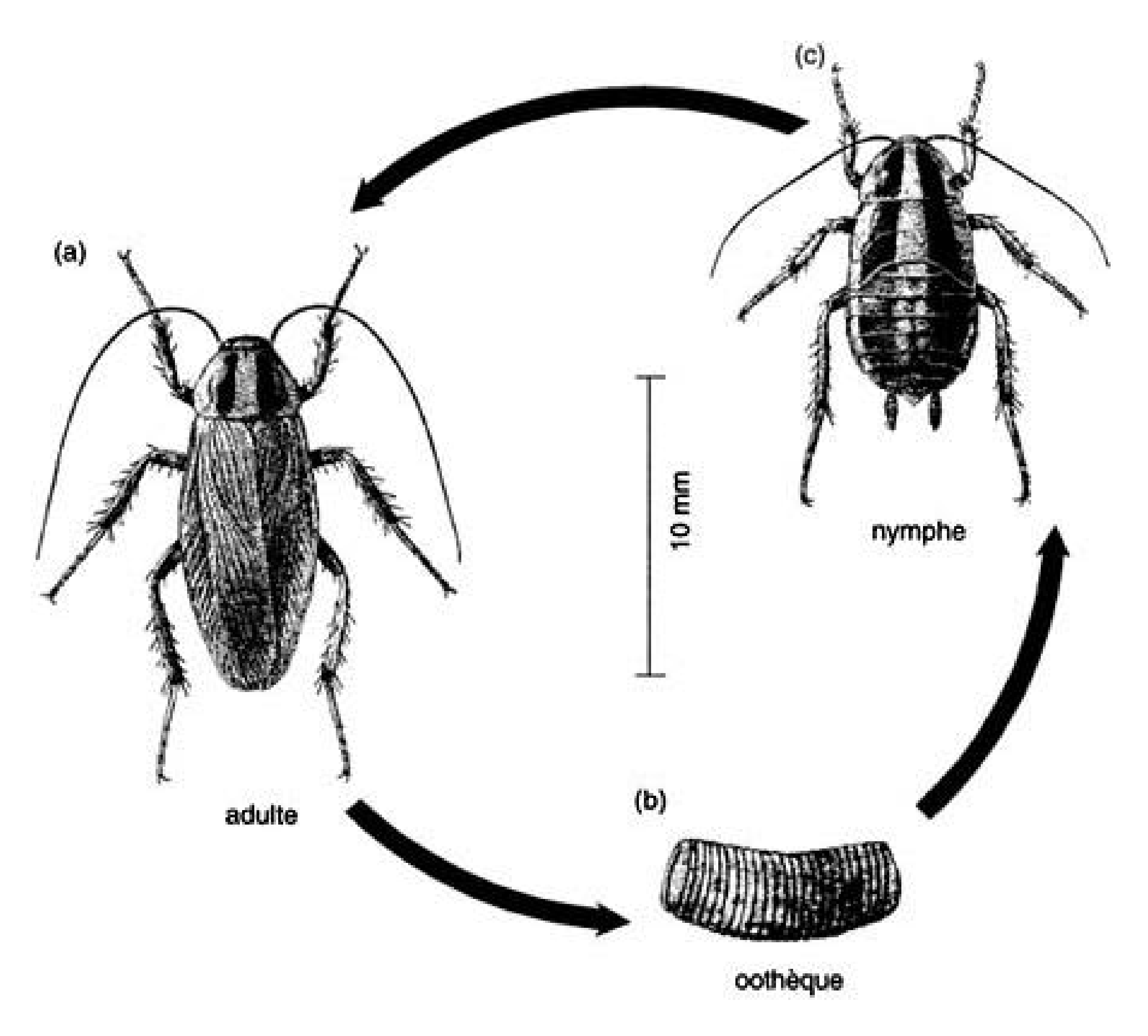


Fig. 5.3 Cycle de développement du papin (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

Les jeunes, ou nymphes, sont aptères et mesurent en général quelques millimètres seulement; blanche au moment de l'éclosion, leur couleur fonce en l'espace de quelques heures. Le passage au stade adulte se fait par plusieurs mues successives sur une durée de quelques mois à plus d'un an, selon l'espèce. L'adulte est aptère ou muni d'ailes, celles-ci comportant alors une paire extérieure de structure coriacée recouvrant une paire d'ailes membraneuses repliées.

Comportement

Les blattes vivent en étroite association avec l'Homme (*1*, *2*). Originaires des régions tropicales, la plupart des espèces vivent, dans la zone tempérée, dans les parties des maisons et des autres bâtiments où elles trouvent une chaleur, une humidité et une nourriture qui leur conviennent.

Les blattes sont en général grégaires. Elles ont principalement une activité nocturne, car, pendant la journée, elles se cachent dans les fissures et anfractuosités des murs,

des chambranles et des meubles, ainsi que dans des endroits où elles se sentent en sécurité - salles de bains, placards, tuyauterie des systèmes de chauffage à la vapeur, abris pour animaux, sous-sol, postes de radio et de télévision ou autres appareils électriques, caniveaux et réseaux d'égouts. Lorsqu'on allume la lumière, de nuit, dans une cuisine infestée par les blattes, on les voit s'enfuir des plats, des ustensiles, des plans de travail et du sol à la recherche d'un abri.

Les blattes ont une nourriture extrêmement variée et mangent en particulier tous les aliments consommés par l'Homme (Fig. 5.4). Leur préférence va aux denrées amylacées ou sucrées. Elles sirotent le lait et grignotent le fromage, la viande, la pâtisserie, les céréales, le sucre et le chocolat sucré. Elles mangent également le carton, les reliures de livres, les revêtements de plafond contenant des matières amylacées, la doublure intérieure encollée des semelles, leurs propres exuvies, des blattes mortes et ratatinées, du sang frais ou séché, des déjections, des crachats, ainsi que les ongles des doigts de la main ou du pied des bébés et des personnes endormies ou malades.

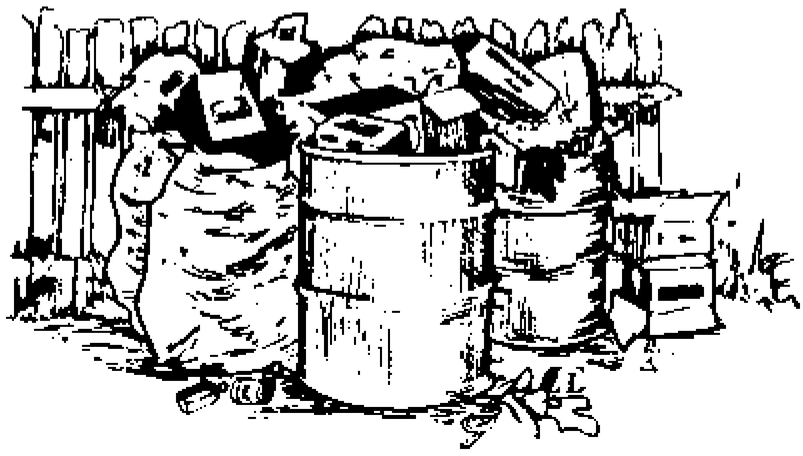


Fig. 5.4 Les poubelles sans couvercle constituent un milieu parfaitement adapté pour le développement des blattes (© OMS).

Dispersion

Chez certaines espèces, on observe des migrations en masse, apparemment en cas de surpeuplement. Les insectes migrants gagnent de nouvelles régions en volant ou en se déplaçant par terre. Les blattes sont fréquemment transportées à l'intérieur des habitations en même temps que des cartons de bouteilles et des sacs de pommes de terre, d'oignons ou d'autres produits alimentaires qui ont été contaminés au cours de leur stockage dans des entrepôts mal tenus. Le transport de cette vermine peut se faire sur de longues distances dans des aéronefs, des bateaux ou d'autres véhicules.

Importance pour la santé publique

Nuisance

Les blattes sont des nuisibles importants, car elles répandent la saleté et gâtent les aliments, les tissus et les reliures de livres. Elles régurgitent périodiquement une fraction de leur nourriture incomplètement digérée et déposent des déjections. En outre, elles libèrent une sécrétion nauséabonde, à la fois par l'appareil buccal et par

des glandes dont l'orifice se situe sur le corps, ce qui fait que les endroits où des blattes ont séjourné ou les aliments qu'elles ont touchés gardent longtemps une odeur insupportable.

Maladies

Les blattes circulent beaucoup d'un bâtiment à l'autre ou pénètrent en abondance dans des habitations à partir des caniveaux, des jardins, des réseaux d'égouts et des latrines. Comme elles se nourrissent aussi bien des excreta que des aliments de l'Homme, elles peuvent propager des germes pathogènes (Fig. 5.5) (*2*, *3*). En général, les blattes ne sont pas la cause principale de telle ou telle maladie, mais, comme les mouches domestiques, elles peuvent jouer un rôle annexe dans la propagation mécanique des agents responsables de certaines affections. Leur rôle à cet égard est soupçonné ou démontré dans les cas ci-dessous:

- diarrhée
- dysenterie
- choléra
- lèpre
- peste
- fièvre typhoïde
- viroses, par exemple poliomyélite.

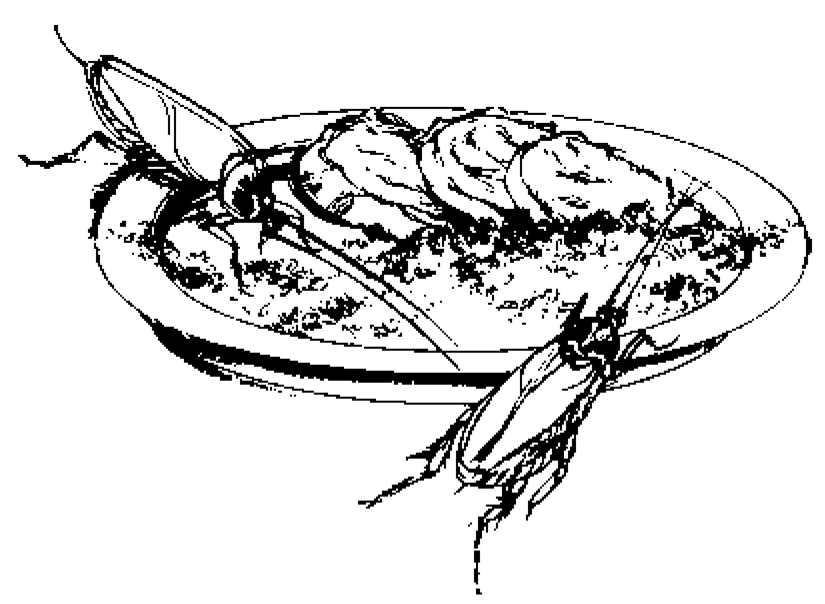


Fig. 5.5 Les blattes peuvent assurer la propagation mécanique de certaines maladies en souillant les aliments destinés à la consommation humaine avec des germes ramassés dans les latrines, les tas d'ordures, etc.

En outre, les blattes transportent les œufs de vers parasites et peuvent déterminer des réactions allergiques, à savoir une dermatite, un prurit et un œdème palpébral, à côté de troubles respiratoires plus graves (*4*).

Mesures de lutte

Il est plus facile de venir à bout des blattes dans les zones tempérées (où les populations de ces insectes ne peuvent survivre à l'extérieur pendant l'hiver) que dans les régions chaudes et humides. L'arme essentielle réside dans la propreté des locaux, parfois difficile à maintenir dans les maisons où vivent des enfants et des animaux domestiques. Dans les maisons isolées, il est plus facile d'éliminer les blattes que dans les appartements dont l'accès est facilité par la présence de locaux contigus. Dans les régions chaudes, la réinfestation se fait à partir de l'extérieur ou par l'intermédiaire des conduites de chauffage et des tuyaux d'eau dans les appartements ou encore à l'occasion de l'introduction de produits d'épicerie ou de bagages provenant de régions infestées. Il arrive que des blattes se rencontrent même dans des maisons à la propreté irréprochable, mais il est peu probable qu'elles puissent y établir des colonies.

La présence de nymphes et d'oothèques de dimensions variées indique qu'il s'agit d'une colonie solidement établie. L'infestation peut être mise en évidence par la découverte des insectes derrière les plinthes, les coffres, les meubles et dans leurs autres cachettes habituelles. Pendant la nuit, les blattes sont faciles à découvrir dans le faisceau d'une lampe.

En cas d'infestation massive, on peut faire appel à la lutte chimique, puis à l'aménagement de l'environnement pour priver les insectes de nourriture et d'abris. Quand la population de blattes est peu abondante, on peut en venir à bout avec des appâts ou des pièges.

Aménagement de l'environnement

Propreté et hygiène

Il faut conserver la nourriture dans des récipients munis d'un couvercle étanche et placés dans un garde- manger grillagé ou un réfrigérateur (Fig. 5.6). La propreté s'impose à chaque instant de façon qu'aucun fragment de nourriture ou de matière organique ne subsiste nulle part. Il faut soigneusement fermer les poubelles et les vider souvent, de préférence tous les jours.

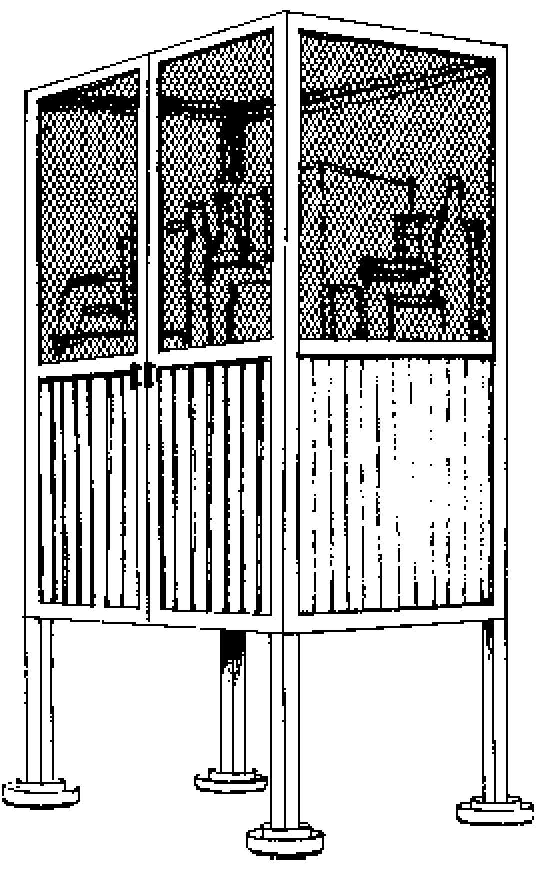


Fig. 5.6 On peut protéger les aliments en les mettant dans un garde-manger grillagé interdisant l'entrée des mouches et des fourmis.

Les sous-sols et les espaces ménagés au-dessous des habitations doivent être maintenus secs et débarrassés de nourriture et d'eau auxquelles les blattes puissent avoir accès.

Limitation de l'accès

Avant de les introduire dans un bâtiment, il faut s'assurer que les produits d'épicerie, les vêtements revenant de la lessive, les vêtements sales, les cagettes à œufs et les meubles ne renferment pas de blattes.

Dans certains cas, on peut réduire l'accès de ces insectes aux bâtiments en comblant les vides qui subsistent dans le revêtement de sol et dans les cadres des portes. Il faut aussi obturer le pourtour des passages des conduites d'eau pluviale et des conduites d'égouts, des canalisations d'eau potable et des câbles électriques (Fig. 5.7).

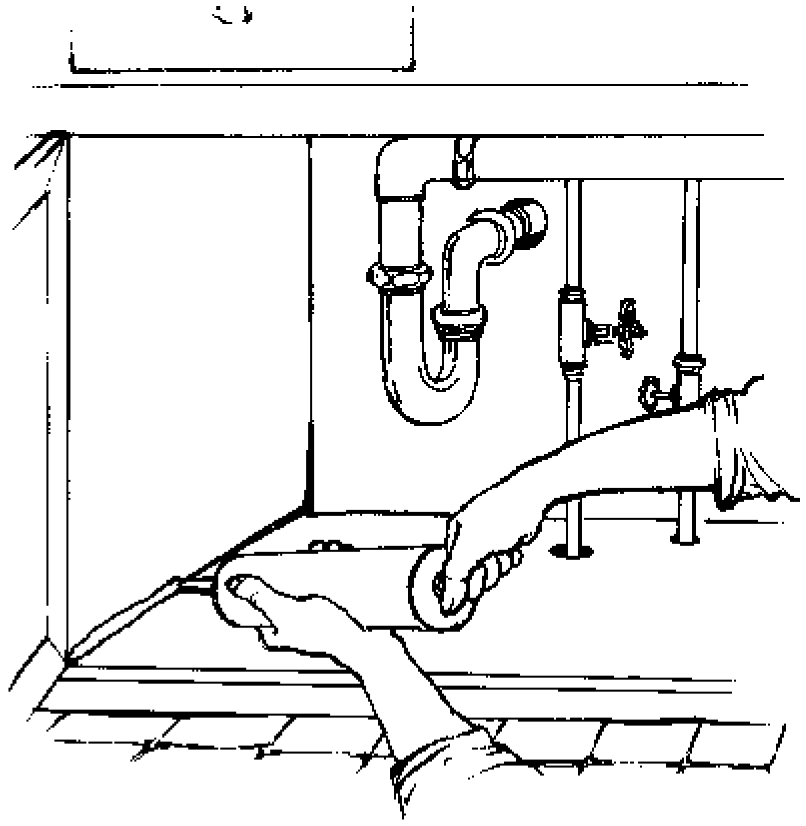


Fig. 5.7 En bouchant les ouvertures, les fissures et anfractuosités de même que les joints avec un produit d'étanchéité, on réduit les possibilités d'entrée de blattes.

Lutte chimique

Il est difficile d'éliminer les blattes au moyen d'insecticides, et cela pour plusieurs raisons, notamment le fait qu'elles sont devenues résistantes à la plupart des produits d'usage courant. En outre, de nombreux insecticides exercent sur elles un effet répulsif qui les fait fuir et assure du même coup leur protection (*5*). La lutte chimique n'apporte qu'un répit temporaire et doit, dans toute la mesure possible, s'accompagner de l'assainissement de l'environnement et de l'amélioration du logement (*6*).

L'épandage d'insecticide se fait dans les lieux de repos et les cachettes des insectes, par pulvérisation d'un produit à effet rémanent ou par saupoudrage. Ces méthodes sont efficaces pendant une durée variable, de quelques jours à plusieurs mois, selon l'insecticide et le substrat sur lequel il est déposé. On peut également incorporer un insecticide dans des produits attractifs pour les blattes, obtenant ainsi des appâts toxiques.

Résistance

Le papin est résistant vis-à-vis de plusieurs organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes (*7*). La blatte orientale, la blatte américaine et la grande blatte brune (*Periplaneta brunnae*) ont désormais acquis une légère résistance, principalement au DDT et au chlordane. Depuis peu, la blatte américaine est devenue résistante au trichlorfon en Chine et la grande blatte brune au diazinon aux Etats-Unis d'Amérique.

Application

Zones à traiter

Le traitement doit être étendu à de nombreux endroits: dans les cuisines et les offices, le long des plinthes et derrière les plinthes, à l'intérieur et autour des éviers, à l'intérieur et au-dessus des placards, sous les chaises et les tables, dans les coffrets de branchements, près des réfrigérateurs et des glacières, sous les revêtements de sol non collés, dans les locaux où l'on prépare des aliments, les conduites, les canalisations, les égouts et les regards. Il faut aussi traiter les locaux servant à la conservation d'aliments dans les restaurants, les entrepôts et d'autres établissements commerciaux.

Fréquence du traitement

La persistance d'action d'un insecticide dépend de différents facteurs, notamment le soin apporté à son application, la vitesse de la réinfestation, la nature du produit chimique utilisé, la dose et la formulation choisies, le type de surface traité, la température et l'humidité, et l'importance des pertes par dégradation ou frottement. En général, les insecticides restent plus longtemps efficaces sur une surface peinte que sur une surface non peinte et sur du bois que sur des briques ou des blocs.

Si on lave fréquemment une surface traitée ou si elle se couvre de poussière ou de graisse, l'insecticide peut perdre toute efficacité. Il est rare qu'un seul traitement permette l'éradication des blattes. Pour la plupart des espèces, un traitement complémentaire peut être nécessaire tous les mois afin de tuer les nymphes qui viennent d'éclore ou d'empêcher une réinfestation.

Sécurité et précautions d'emploi

Il faut veiller à ne pas contaminer les aliments. On s'abstiendra de tout traitement là où des enfants sont susceptibles d'entrer en contact avec les résidus d'insecticide. Dans des conditions particulières, par exemple le traitement des zoos ou des boutiques spécialisées dans la vente d'animaux de compagnie, il ne faut pas utiliser de produits à effet rémanent en pulvérisation ou par poudrage. En pareil cas, on peut parfois appliquer une quantité limitée de produit chimique au pinceau. Une autre solution consiste à se servir d'un produit chimique peu toxique pour les mammifères et les oiseaux, par exemple l'acide borique en poudre ou la silice en aérogel.

Certaines formulations risquent de tacher les tissus, le papier peint, le carrelage et d'autres matériaux domestiques. Il faut se renseigner à ce sujet avant de procéder au traitement.

Pulvérisations d'insecticides à effet rémanent

L'application d'insecticides à effet rémanent se fait généralement par pulvérisation, avec un appareil domestique à plongeur ou un pulvérisateur manuel à pression préalable. Les pulvérisateurs sont munis d'une buse qui réduit la section du jet à celle d'une épingle, ce qui permet la pulvérisation de l'insecticide dans des fissures et des endroits d'accès difficile. Un jet plus large, en forme d'éventail, est utile pour les zones

plus accessibles. Il faut mouiller complètement la surface traitée, sans toutefois aller jusqu'au point de ruissellement de l'insecticide pulvérisé.

Une dose de 4 litres d'insecticide non dilué pour 100m^2 convient souvent, la pulvérisation se faisant par bandes de 30-50 cm de large. A défaut d'un autre équipement, on peut appliquer l'insecticide au pinceau. Le traitement soigneux des pistes et des abris des insectes est essentiel à l'efficacité du traitement. En général, une phase d'attaque intensive est suivie de traitements d'entretien périodiques. Une seule pulvérisation de chlorpyrifos ou de diazinon dans les tuyaux de raccordements aux égouts peut en éliminer les blattes pendant au moins neuf mois (*8*).

Insecticides

L'apparition d'une résistance chez certaines blattes et des considérations d'ordre écologique ont conduit à remplacer les organochlorés par des organophosphorés et des carbamates biodégradables, des pyréthrinoïdes de synthèse et, plus récemment, des régulateurs de la croissance des insectes. Ces derniers sont extrêmement toxiques pour les larves ou les nymphes dont ils perturbent le passage au stade adulte (voir également Chapitre 1, p. 148). Ils sont en revanche fort peu toxiques pour les organismes non visés. Leur utilisation est limitée par un prix élevé et des problèmes d'approvisionnement, mais leur intérêt peut être considérable quand les blattes sont résistantes aux autres insecticides courants. On trouvera au Tableau 5.1 la liste d'un certain nombre de ces produits, avec indication des doses recommandées. Pour plus de précisions sur la pulvérisation des insecticides et sa pratique dans de bonnes conditions de sécurité, se reporter aux Chapitres 9 et 10.

Tableau 5.1
Insecticides d'utilisation courante dans la lutte contre les blattes

Insecticide	**Nature chimique**[a]	**Formulation**	**Concentration**		**Classification OMS des pesticides par risque**[b]
			g / l ou g / kg	**%**	
Alphacyperméthrine	PS	pulvérisation	0,15	0,015	MD
Bendiocarbe	C	pulvérisation	2,4-4,8	0,24-0,48	MD
		poudre	10	1,0	
		aérosol	7,5	0,75	
Bétacyfluthrine	PS	pulvérisation	-	12,5	MD
Chlorpyrifos	OP	pulvérisation	5	0,5	MD
Cyfluthrine	PS	pulvérisation	-	5-10	MD
Cyphénothrine	PS	pulvérisation	1,25-2,5	0,125-0,25	LD
		aérosol	1-3	0,1-0,3	LD
Deltaméthrine	PS	pulvérisation	0,025	0,0025	MD
		poudre	0,5	0,05	

		aérosol	0,2	0,02	
Diazinon	OP	pulvérisation	5	0,5	MD
		poudre	20	2,0	
Dichlorvos	OP	pulvérisation	5	0,5	TD
		appât	19	1,9	
Dioxacarbe	C	pulvérisation	5-10	0,5-1,0	MD
Fénitrothion	OP	appât	250	25	MD
		pulvérisation	5-10	0,5-1,0	
		aérosol	7,5	0,75	
Flufénoxuron	RCI	appât	0,01	0,001	LD
Hydraméthylnone	ITE	appât	-	1-2	LD
Iodofenphos	OP	pulvérisation	10	1,0	RI
Malathion	OP	pulvérisation	30	3,0	LD
		poudre	50	5,0	
Perméthrine	PS	pulvérisation	1,25-2,5	0,125-0,25	MD
		poudre	5	0,5	
Pirimiphos-méthyl	OP	pulvérisation	25	2,5	LD
		poudre	20	2,0	
Propétamphos[c]	OP	pulvérisation	5-10	0,5-1,0	TD
		poudre	20	2,0	
		aérosol	20	2,0	
Propoxur	C	pulvérisation	10	1,0	MD
		appât	20	2,0	

[a] C = carbamate; OP = organophosphoré; PS = pyréthrinoïde de synthèse; RCI = régulateur de la croissance des insectes; ITE = inhibiteur des transporteurs d'électrons.

[b] Classes: TD = très dangereux; MD = modérément dangereux; LD = légèrement dangereux; RI = risque aigu improbable en cas d'utilisation normale.

[c] Quand son application n'est pas confiée à des spécialistes, le produit doit être livré, pour des raisons de sécurité, sous forme diluée, avec un maximum de 50 g de matière active par litre.

Poudres

Les formulations pulvérulentes sèches se préparent en mélangeant une poudre insecticide avec du talc ou une autre poudre inerte servant de support. Elles sont particulièrement utiles pour le traitement des murs creux, des faux plafonds et des autres cachettes de blattes difficiles d'accès. On peut projeter la poudre dans les espaces vides avec une poudreuse manuelle à soufflet ou à plongeur, voire avec une simple cuillère (Fig. 5.8). En fixant une rallonge de petit diamètre à certains types de poudreuse, on peut faire pénétrer la poudre profondément à l'intérieur des cachettes.

La poudre se disperse facilement et peut atteindre le fond des fissures et anfractuosités. A noter que la présence d'un dépôt de poudre abondant peut exercer un effet répulsif sur les blattes et les chasser vers des zones non traitées ou des endroits moins accessibles. Il ne faut pas procéder au poudrage de surfaces mouillées, car l'efficacité du produit y est réduite. Quand on associe poudrage et pulvérisation d'un produit à effet rémanent, il faut attendre pour appliquer la poudre que la surface traitée par pulvérisation soit sèche.

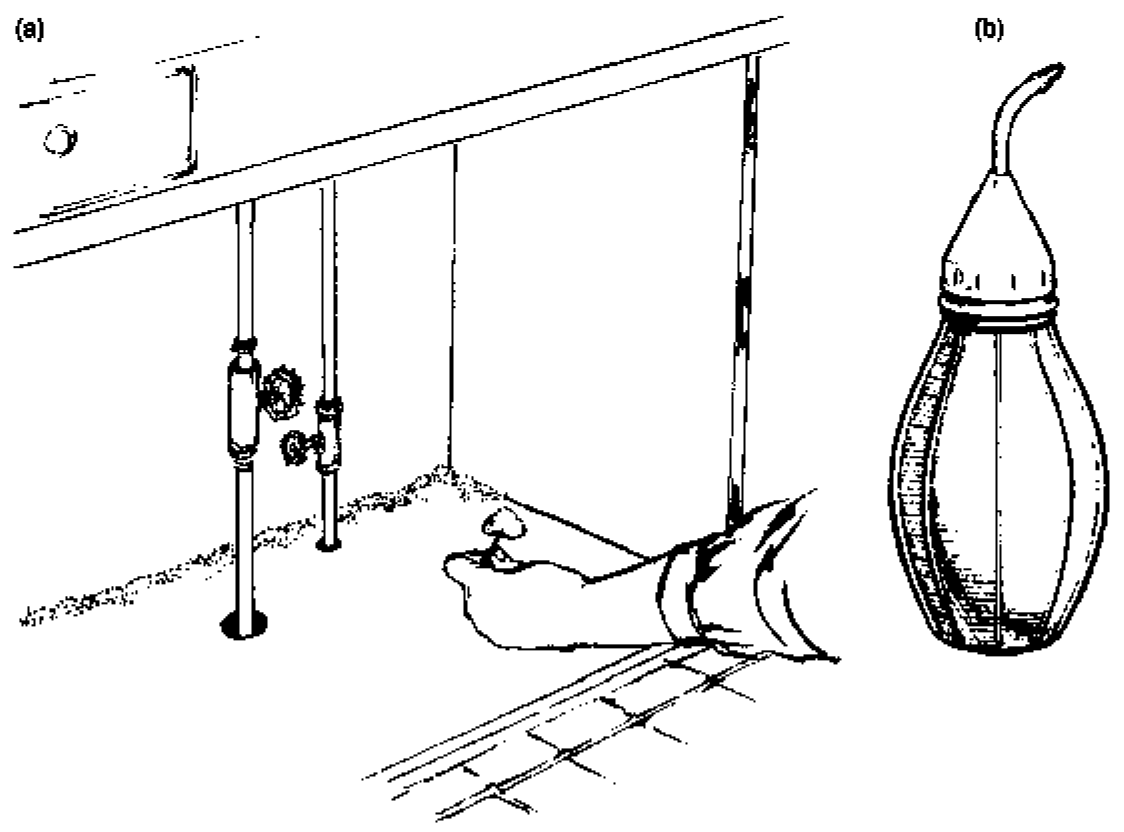


Fig. 5.8 L'application d'une poudre insecticide peut se faire a) avec une cuillère (© L. Robertson), ou b) avec une poudreuse à soufflet (© OMS).

Aérosols

Un aérosol consiste dans la pulvérisation de très petites gouttelettes (0,1-50 µm). Cette formulation ne convient pas pour l'application d'un insecticide à effet rémanent, mais on peut l'utiliser pour les pulvérisations spatiales, car les gouttelettes restent en suspension dans l'air un certain temps et tuent les insectes par contact. Les bombes aérosols contenant un insecticide à effet rémanent et un insecticide à effet de choc (par exemple du propoxur et un pyréthrinoïde) conviennent contre les blattes et ne posent pas de problèmes d'approvisionnement. Les aérosols peuvent pénétrer à l'intérieur des petites fissures ou des autres endroits inaccessibles où se cachent les blattes. Ils contiennent habituellement un produit irritant - pyréthrine, pyréthrinoïde ou autre - qui déloge les blattes de leurs cachettes, ce qui diminue le temps nécessaire pour les tuer. Si l'utilisation d'un aérosol peut provoquer une baisse rapide du nombre de blattes, il faut parfois, pour obtenir un effet durable, procéder à un traitement d'appoint par pulvérisation d'un insecticide à effet rémanent (voir p. 325).



Fig. 5.9 Utilisation d'une bombe aérosol pour appliquer un insecticide à effet rémanent dans les cachettes des blattes sous un évier.

Dans les grandes villes, la destruction des blattes se fait parfois à grande échelle, par épandage au moyen d'un thermo-nébulisateur.

Fumées

Les fumées sont des nuages de particules d'insecticide obtenues par chauffage. Leur granulométrie est inférieure à celle des aérosols (0,001-0,1 µm). Les fumées pénètrent profondément à l'intérieur des cachettes et sont particulièrement utiles dans les sous-sols des bâtiments ainsi que dans les réseaux de drainage et les réseaux d'égouts.

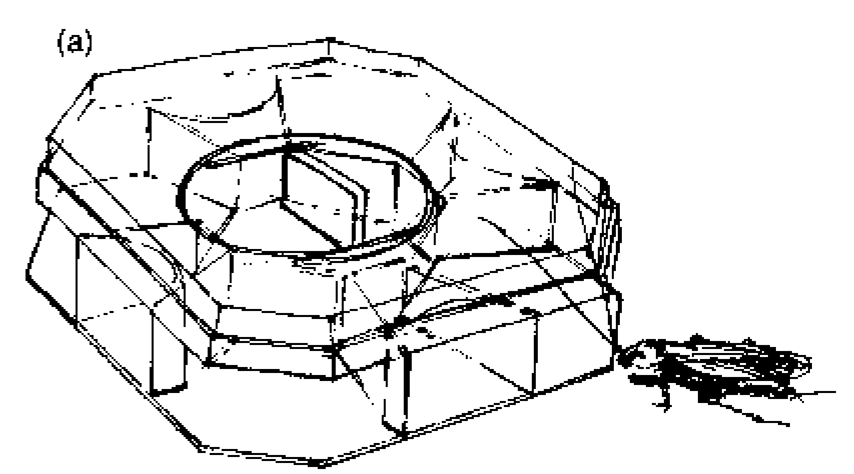
Pièges et appâts

On a longtemps utilisé des appâts contre les blattes et l'on continue de le faire dans certains contextes, par exemple pour le traitement des bureaux et des laboratoires, spécialement en cas d'apparition d'une résistance à certains des insecticides d'usage courant.

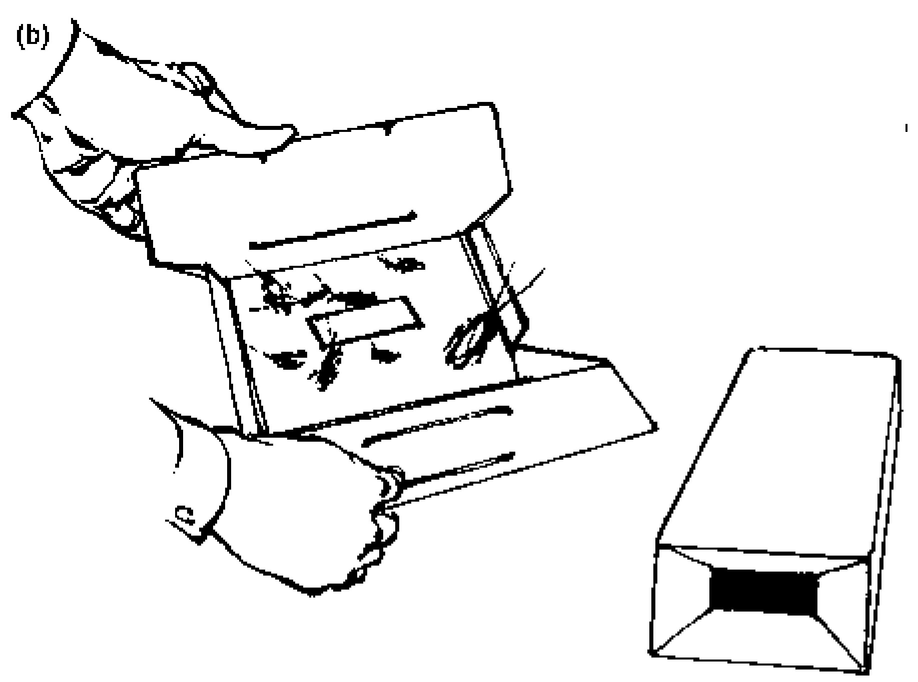
Pour bon nombre, les dispositifs qu'on trouve sur le marché fonctionnent en attirant les blattes vers un endroit déterminé où elles sont prises au piège ou tuées. Peuvent être

utilisées comme attractifs certaines denrées alimentaires, des phéromones et diverses substances chimiques. Le piège proprement dit peut être de nature mécanique ou consister en un produit visqueux. On peut confectionner un piège avec un simple bocal où l'on met de la vaseline et un peu de nourriture: les blattes sont attirées par la nourriture placée au fond du bocal, par exemple du pain ou des raisins secs, et sont incapables de s'échapper à cause de la mince couche de vaseline dont le rebord intérieur du bocal est enduit (Fig. 5.10).

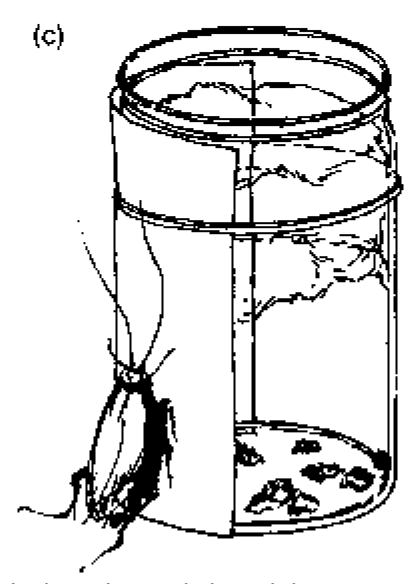
Fig. 5.10 Quelques modèles de piège.



a) Piège mécanique élaboré contenant un aliment attractif.



b) Papier gluant recouvert de blattes prises au piège: le piège contient un produit chimique attractif.



c) Piège constitué d'un simple bocal garni de raisins secs comme appât: une feuille de papier facilite l'entrée des blattes tandis qu'une fine couche de vaseline empêche ces insectes de s'échapper.

Les appâts toxiques ne comportent aucun dispositif de piégeage. Ils sont constitués du mélange d'un aliment attirant pour les blattes et d'un insecticide. On en trouve plusieurs types dans le commerce, sous forme de pastilles ou de pâtes. Les pastilles sont généralement réparties dans plusieurs petits récipients ou éparpillées dans des endroits pouvant servir de cachette. Les pâtes peuvent aussi être réparties dans plusieurs petits récipients. Certaines formulations récentes sèchent spontanément et peuvent être appliquées directement sur les surfaces. Dans certains pays, on trouve des pièges hermétiques garnis d'un appât sec, présentation qui exclut tout risque pour les enfants et les animaux de compagnie. On peut utiliser comme produit alimentaire dans les appâts le tourteau d'arachide, les aliments pour chiens et le maltose.

Application

Les appâts et les pièges sont d'utilisation commode et doivent être installés dans des endroits fréquentés par les blattes. Ils ont leur maximum d'efficacité quand il n'y a pas (ou peu) de nourriture que ces insectes pourraient préférer à l'appât, ce qui est le cas dans les bureaux. La bonne tenue des locaux est particulièrement importante lorsqu'on utilise uniquement des appâts. Ceux-ci doivent être fréquemment renouvelés en cas d'infestation massive.

Répulsifs

On porte un intérêt croissant aux répulsifs dans la lutte contre les blattes. Ces produits peuvent avoir un intérêt particulier pour le traitement des endroits servant de cachette dans les conteneurs, ainsi que dans les cartons et les boîtes de boissons, de denrées alimentaires et autres produits. En tenant les blattes à l'écart de ces endroits, on empêche leur dissémination ou leur transport d'une localité à l'autre. On peut également se servir de répulsifs dans les placards des cuisines, dans les distributeurs automatiques d'aliments et de boissons, etc.

Plusieurs huiles essentielles, par exemple les essences de menthe, de menthe verte et d'eucalyptus, sont connues pour avoir un effet répulsif à l'encontre des blattes, mais les meilleurs résultats s'obtiennent avec des produits de synthèse dont la standardisation est plus facile. Par exemple, on peut traiter les produits d'emballage ou l'intérieur des entrepôts avec une dilution appropriée de DEET (*N*,*N*-diéthyl-*m*-toluamide) ou de DMP (phtalate de diméthyle). Un dépôt de DEET à raison de 0,5 mg/cm^2 fait fuir des cartons plus de 90% des *Blattella germanica* et plus de 80% des *Periplaneta americana* pendant environ une semaine, selon la température et l'humidité. Des produits de synthèse plus prometteurs sont à l'étude en Inde (*9*) et pourraient être commercialisés dans un proche avenir, à savoir le DEPA (*N*,*N*-diéthylphénylacétamide) et le DECA (diéthylcyclohexylacétamide).

Bibliographie

1. Roth LM, Willis ER. The biotic associations of cockroaches. *Smithsonian miscellaneous collection*, 1960, 141: 1-470.

2. Cornwell PB. *The cockroach*. Vol. 1. Londres, Hutchinson, 1968.

3. Roth LM, Willis ER. The medical and veterinary importance of cockroaches. *Smithsonian miscellaneous collection*, 1957, 134: 1-147.

4. Stankus RP, Horner E, Lehrer SB. Identification and characterization of important cockroach allergens. *Journal of allergy and clinical immunology*, 1990, 86: 781-787.

5. Wooster MT, Ross MH. Sublethal responses of the German cockroach to vapors of commercial pesticide formulations. *Entomologia experimentalis et applicata*, 1989, 52: 49-55.

6. Schal C. Relation among efficacy of insecticides, resistance levels, and sanitation in the control of the German cockroach (*Dictyoptera: Blattellidae*). *Journal of economic entomology*, 1988, 81: 536-544.

7. Cochran DG. Monitoring for insecticide resistance in field-collected strains of the German cockroach (*Dictyoptera: Blattellidae*). *Journal of economic entomology*, 1989, 82: 336-341.

8. Rust MK, Reierson DA, Hansgen KH. Control of American cockroaches (*Dictyoptera: Blattidae*) in sewers. *Journal of medical entomology*, 1991, 28: 210-213.

9. Prakash S et al. *N*,*N*-diethylphenylacetamide - a new repellent for *Periplaneta americana* (*Dictyoptera: Blattidae*), *Blattella germanica*, and *Supella longipalpa* (*Dictyoptera: Blattellidae*). *Journal of medical entomology*, 1990, 27: 962-967.

Chapitre 6. Mouches communes

Des agents de la propagation mécanique de maladies diarrhéiques et d'infections cutanées et oculaires

La mouche commune ou mouche domestique, *Musca domestica*, vit en étroite association avec l'Homme, partout dans le monde (Fig. 6.1). Elle se nourrit de produits

alimentaires destinés à la consommation humaine et de déchets dans lesquels elle peut se charger de germes pathogènes divers dont elle assure ensuite le transport. En plus de la mouche domestique, il existe un certain nombre d'autres espèces de mouches qui sont devenues commensales de l'Homme (mouches synanthropiques) et posent des problèmes similaires dans les habitats humains. Sous les climats chauds, *M. sorbens* est particulièrement intéressante de ce point de vue. Etroitement apparentée à la mouche domestique, elle est considérée comme jouant un rôle important dans la propagation d'infections oculaires. D'autres mouches, dont les calliphoridés, sont associées à la transmission d'infections intestinales.

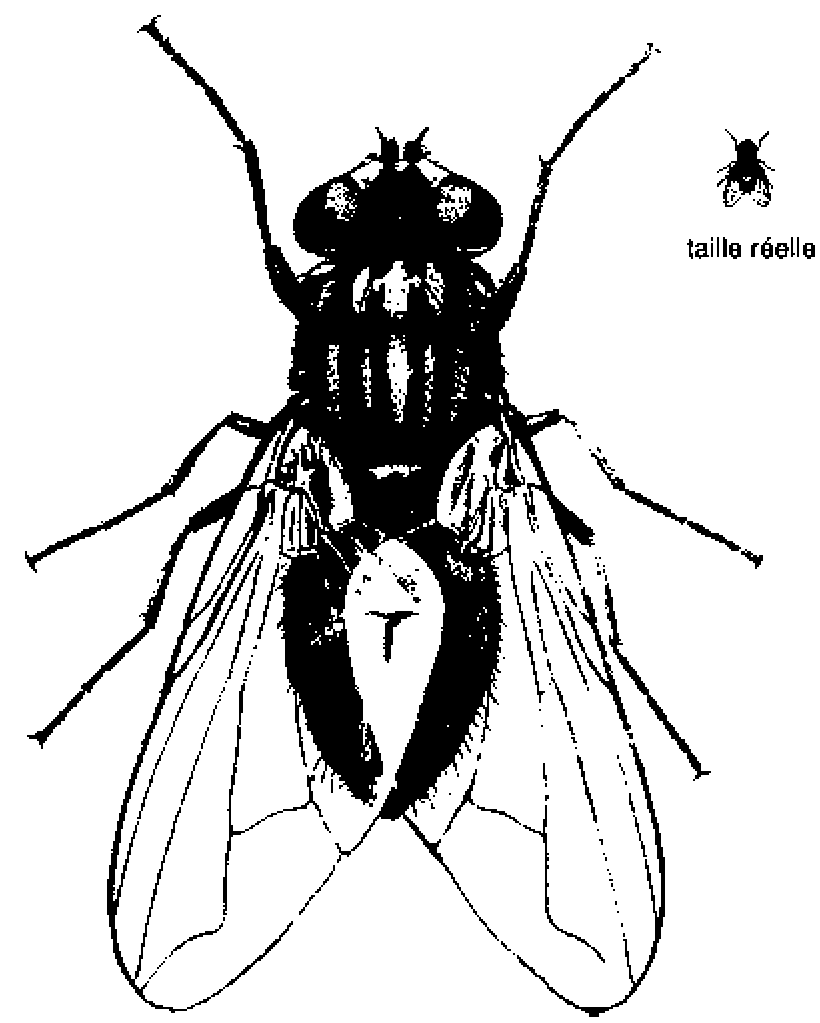


Fig. 6.1 Mouche commune ou mouche domestique (*Musca domestica*) (avec l'aimable autorisation du Natural History Museum, Londres).

Biologie

Cycle de développement

Le cycle de développement de la mouche comporte quatre stades: l'œuf, la larve (également appelée ver ou asticot chez certaines espèces), la nymphe et l'adulte ou imago (Fig. 6.2). Selon la température, le passage de l'œuf à l'imago prend de 6 à 42

jours. Le cycle biologique dure généralement 2 ou 3 semaines mais, si la température est plus fraîche, il peut durer jusqu'à 3 mois.

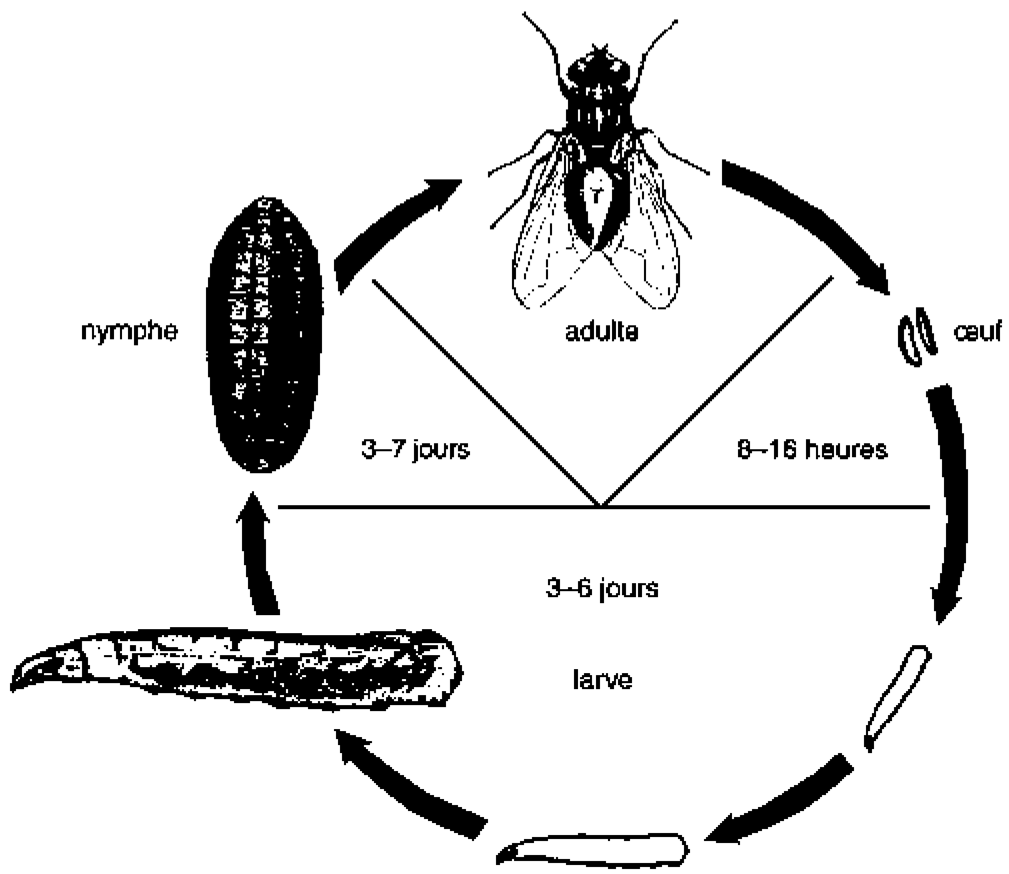


Fig. 6.2 Cycle de développement de la mouche (© OMS).

WHO 96494/F

Les œufs sont généralement pondus par paquets, sur une matière organique, par exemple du fumier ou des détritus. L'éclosion se produit au bout de quelques heures. Les jeunes larves s'enterrent dans la matière sous-jacente; comme elles doivent tirer leur oxygène de l'atmosphère, elles ne peuvent survivre que si elles disposent de suffisamment d'air frais. Quand la matière sous-jacente est très humide, elles ne peuvent vivre qu'en surface tandis que, dans une matière plus sèche, elles peuvent s'enfoncer de plusieurs centimètres.

Chez la plupart des espèces, la larve est effilée, blanche et sans pattes et elle se développe rapidement, en trois mues successives. Ce développement dure de 3 jours au minimum à plusieurs semaines, selon les espèces ainsi que selon la température, la nature des aliments disponibles et leur abondance. Une fois terminé ce stade pendant lequel elle s'est nourrie, la larve gagne un endroit plus sec et s'enterre ou se cache sous divers objets. Elle s'entoure d'une sorte de coque, le puparium, où s'opère la transformation de la larve en adulte. Cette période dure généralement 2 à 10 jours et se termine par l'émergence de l'insecte parfait qui se fraie un passage à travers une brèche ouverte au sommet du puparium puis jusqu'à la surface. Peu après l'éclosion imaginale, la mouche déplie ses ailes, et son corps sèche et se durcit. La mouche adulte est grise, mesure 6 à 9 mm de long et porte sur le dos quatre bandes de

couleur foncée, disposées longitudinalement. Quelques jours s’écoulent avant que l’adulte soit apte à se reproduire. Dans les conditions naturelles, la femelle pond rarement plus de cinq fois, et, en règle générale, 120-130 œufs au maximum à chaque ponte.

Nourriture

La mouche mâle comme la mouche femelle se nourrissent de toutes sortes d’aliments destinés à la consommation humaine, de détritus et d’excreta, y compris la sueur, et d’excréments animaux. Dans les conditions naturelles, les mouches recherchent une alimentation extrêmement variée. La structure de leur appareil buccal les contraint à se nourrir d’aliments liquides ou facilement solubles dans leur salive ou au niveau du jabot. Les aliments liquides sont aspirés, tandis que les aliments solides sont imbibés de salive au préalable de façon à être dissous. L’eau est un élément essentiel du régime alimentaire de la mouche qui ne peut généralement pas s’en passer plus de 48 heures sans mourir. Comme autres sources alimentaires habituelles, il faut citer le lait, le sucre, le sirop, le sang, le bouillon de viande et de nombreux autres produits qu’on trouve dans les habitats humains. Les mouches ont manifestement besoin de se nourrir au moins deux ou trois fois par jour.

Gîtes larvaires

La mouche femelle pond sur des matières organiques d’origine animale ou végétale qui sont décomposées ou en cours de fermentation ou de putréfaction. A la différence des calliphoridés et des mouches à viande, la mouche domestique se reproduit rarement dans de la viande ou de la chair en décomposition.

Fumier

Les tas d’excréments animaux accumulés comptent parmi les gîtes larvaires les plus importants pour la mouche domestique. Un tas de fumier convient plus ou moins bien à cette fin selon son humidité (qui ne doit pas être excessive), sa texture (qui ne doit pas être trop rigide) et sa fraîcheur (en principe, la constitution du tas ne doit pas remonter à plus d’une semaine).

Ordures ménagères et déchets de l’industrie de transformation alimentaire

Les ordures ménagères constituent le principal gîte larvaire de la mouche (Fig. 6.3). Elles englobent les déchets produits lors de la préparation, de la cuisson et de la distribution d’aliments dans les lieux publics et chez les particuliers, ainsi que les déchets provenant de la manipulation, du stockage et de la vente de denrées alimentaires sur les marchés, y compris les fruits et les légumes.



Fig. 6.3 Les ordures ménagères constituent le principal gîte larvaire des mouches en zone urbaine.

Fumier organique

Les champs qui sont massivement engraissés avec des matières organiques telles que du fumier, des excréments, des ordures ménagères ou de la farine de poisson peuvent constituer des gîtes larvaires convenables pour les mouches.

Egouts

La mouche domestique utilise également comme gîtes larvaires les boues résiduaires et les déchets organiques solides accumulés dans les caniveaux découverts, les fosses septiques (fosses enterrées où sont recueillis les effluents domestiques) et les fosses d'aisances.

Tas de produits végétaux

Les tas d'herbe coupée, de compost ou d'autres matières végétales en cours de putréfaction constituent de bons gîtes larvaires pour les mouches.

Ecologie des mouches adultes

La connaissance de l'écologie des mouches éclaire leur rôle dans la transmission mécanique de certaines maladies et permet de planifier les mesures de lutte. La mouche adulte est un insecte d'activité essentiellement diurne puisqu'elle se nourrit et s'accouple pendant le jour. La nuit, elle se repose normalement, bien qu'elle s'adapte dans une certaine mesure à la lumière artificielle.

Lieux de repos

Pendant le jour, lorsqu'elles ne s'activent pas à la recherche de leur nourriture, on peut observer des mouches au repos à l'intérieur des habitations, sur le sol, les murs, les plafonds, etc., et, à l'extérieur, sur le sol, les clôtures, les murs, les marches, les latrines à fosse rudimentaires, les poubelles, les étendoirs à linge, les graminées et les plantes adventices.

La nuit est normalement une période d'inactivité pour la mouche. Ses lieux de repos préférés sont alors les plafonds et les autres structures surélevées. Si la température ne tombe pas pendant la nuit, les mouches domestiques se reposent fréquemment à l'extérieur, sur les clôtures, les étendoirs à linge, les fils électriques, les cordes, les mauvaises herbes, les graminées, les haies, les buissons et les arbres. Ces lieux de repos se trouvent généralement à proximité des endroits que ces insectes préfèrent pendant la journée pour se nourrir et se reproduire et ils sont à l'abri du vent. Ils sont habituellement situés en hauteur, mais rarement à plus de cinq mètres.

Fluctuations du nombre de mouches

Le nombre de mouches dans une localité déterminée varie selon l'abondance des gîtes larvaires, la durée d'ensoleillement, la température et l'humidité. Leur densité est maximale à une température moyenne de 20-25 °C et diminue aux températures inférieures ou supérieures, jusqu'à devenir pratiquement nulle au-dessus de 45 °C et au-dessous de 10 °C. Aux températures très basses, la mouche peut rester vivante à l'état quiescent, au stade de l'adulte ou de la nymphe.

Comportement et distribution

Pendant la journée, les mouches se rassemblent principalement au niveau et autour des endroits qui leur servent de sources de nourriture et de gîtes larvaires, mais aussi de lieux de reproduction et de repos (Fig. 6.4). Leur distribution est fortement influencée par leurs réactions à la lumière, à la température et à l'humidité, ainsi qu'à la couleur et à la texture des surfaces. La température qu'elles préfèrent pour se reposer est comprise entre 35 et 40 °C. L'oviposition, l'accouplement, l'alimentation et les déplacements en vol sont tous interrompus quand la température tombe au-dessous de 15 °C.

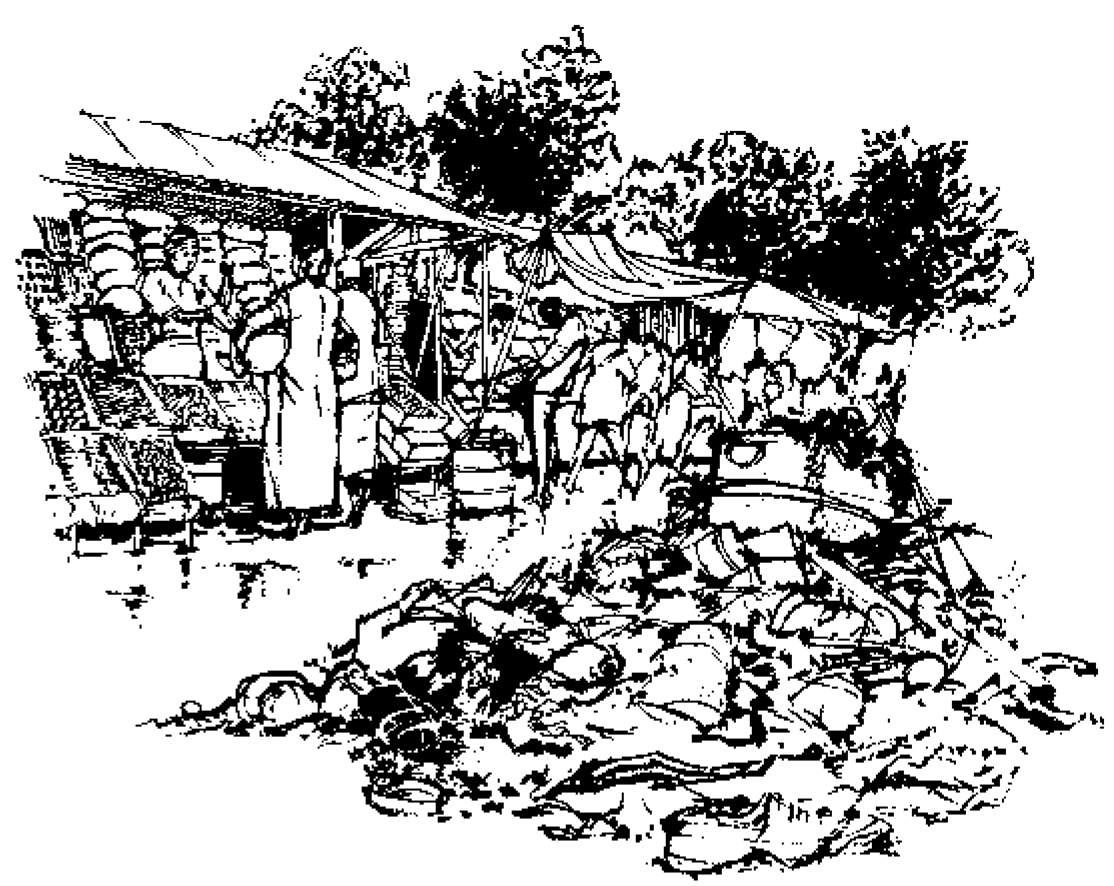


Fig. 6.4 Marché. Pendant la journée, les mouches adultes abondent sur les étals, les tas d'ordures et le sol.

Les mouches ont leur maximum d'activité dans un air peu humide. Aux températures élevées (au-dessus de 20 °C), la plupart des mouches domestiques passent leur temps dehors, à découvert ou sous les parties abritées. Quand elles ne sont pas en train de se nourrir, les mouches se reposent à l'intérieur, sur des surfaces horizontales, sur des fils qui pendent ou des objets qui sont suspendus verticalement ou encore au plafond, spécialement la nuit. Le succès des opérations de lutte exige une étude détaillée des lieux de repos locaux des mouches.

Importance pour la santé publique

Nuisance

Lorsqu'elles sont nombreuses, les mouches peuvent constituer une nuisance très désagréable en harcelant les gens pendant leur travail et leur repos. Elles souillent l'intérieur et l'extérieur des habitations avec leurs déjections. Elles peuvent aussi avoir un impact défavorable sur les esprits vu que leur présence est considérée comme révélatrice d'un manque d'hygiène.

Maladies

Les mouches peuvent propager certaines maladies du fait qu'elles se nourrissent aussi bien d'aliments destinés à l'Homme que d'immondices. Elles entraînent des germes

pathogènes pendant qu'elles se déplacent sans voler et pendant qu'elles se nourrissent. Les germes qui adhèrent à la surface du corps de l'insecte ne survivent que quelques heures, tandis que ceux qui sont ingérés avec les aliments peuvent survivre plusieurs jours au niveau du jabot ou de l'intestin. La transmission des germes s'opère lorsque la mouche entre en contact avec l'Homme ou avec sa nourriture (Fig. 6.5). La plupart des maladies peuvent également être contractées, de façon plus directe, par contact avec des aliments, de l'eau, de l'air ou les mains d'une personne qui ont été souillées ou encore par contact interpersonnel. Cela réduit l'importance relative des mouches dans la transmission mécanique des maladies.

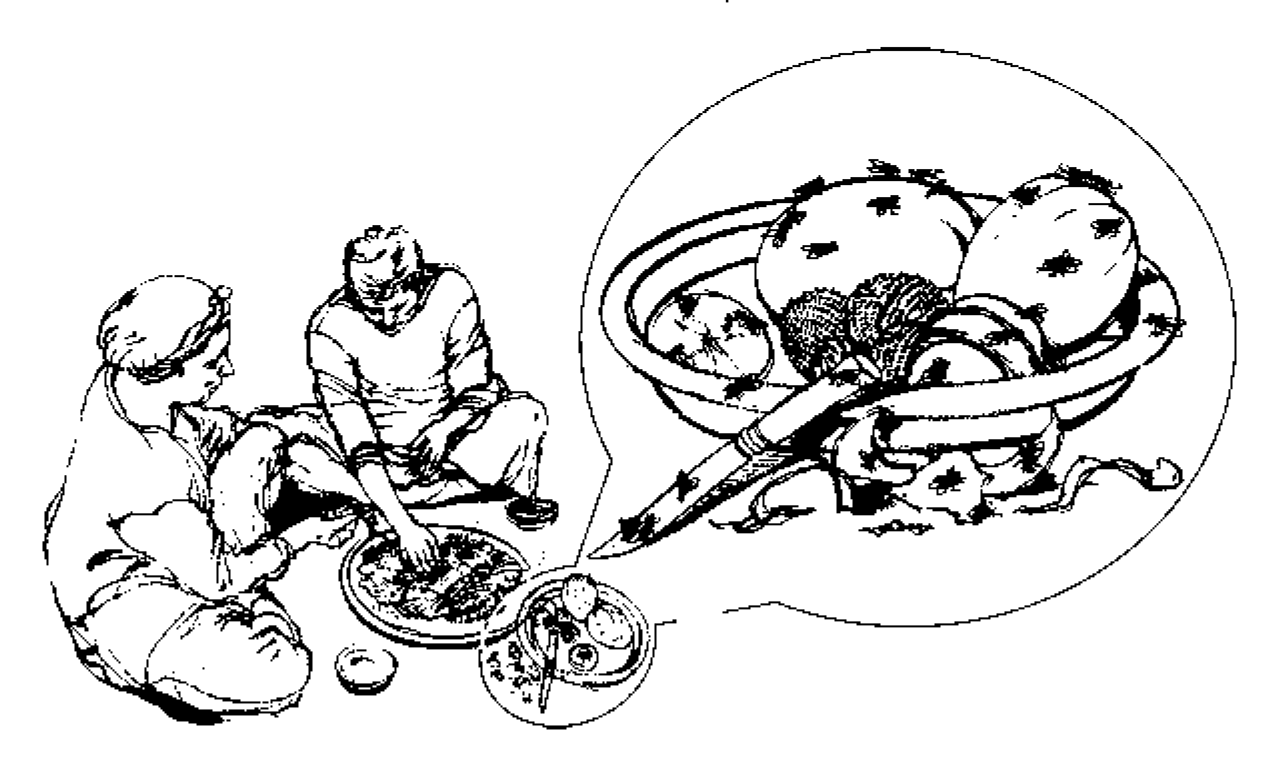


Fig. 6.5 L'Homme peut contracter diverses infections en mangeant des aliments souillés par les mouches.

Sont transmissibles par les mouches des infections intestinales (par exemple dysenterie, diarrhée, typhoïde, choléra et certaines helminthiases), des infections oculaires (telles que trachome et conjonctivite hémorragique épidémique) (Fig. 6.6), la poliomyélite et certaines infections cutanées (par exemple pian, diphtérie cutanée, certaines mycoses et lèpre).



Fig. 6.6 Les gardiens de troupeaux de gros bétail sont parfois entourés d'une nuée de mouches de l'espèce *Musca sorbens* qui constituent un vecteur important de certaines infections oculaires.

Mesures de lutte

Les mouches peuvent être tuées directement au moyen d'insecticides ou de dispositifs ou appareils tels que pièges, papiers tue-mouches, tapettes et lampes électriques UV ou à la lumière bleue. Toutefois, la préférence doit être accordée à l'amélioration de l'assainissement et de l'hygiène qui, entre autres avantages, donne des résultats plus durables et est plus rentable.

Amélioration de l'assainissement et de l'hygiène

On peut faire appel à quatre stratégies:

- la réduction du nombre de gîtes larvaires;
- l'élimination partielle des sites qui attirent des mouches venant d'ailleurs;
- la prévention des contacts entre mouches et agents pathogènes;
- la protection contre les mouches des aliments, des ustensiles de cuisine et des personnes.

Réduction ou élimination des gîtes larvaires

Abris pour animaux, étables, écuries, enclos et parcs d'engraissement

Il faut bétonner le sol et construire des rigoles ou fossés d'écoulement; le fumier doit être entièrement ramassé et le sol nettoyé à grande eau tous les jours.

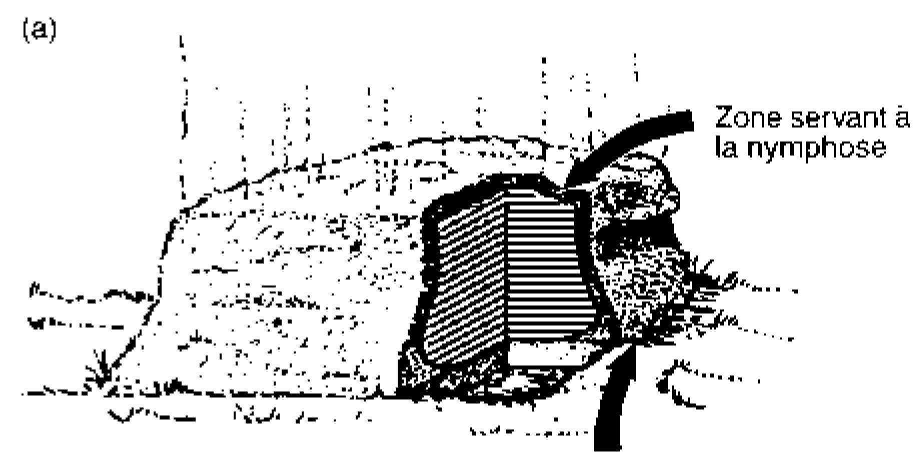
Poulaillers

Lorsqu'on garde en cage des volatiles dont les déjections s'accumulent sous eux, il faut faire sécher ces dernières au moyen de ventilateurs; il faut aussi réparer les conduites

d’eau qui fuient, ramasser et éliminer les déjections et laver fréquemment le sol à grande eau.

Tas de fumier

Le fumier doit être mis en tas afin de réduire la superficie de la zone où la température convient pour la reproduction des mouches. Il faut recouvrir le tas de fumier avec du plastique en feuilles ou un autre matériau interdisant le passage des mouches. La ponte est ainsi rendue impossible et les larves et les nymphes sont tuées par la chaleur dégagée par le compostage qui ne peut plus se dissiper (Fig. 6.7). Il est préférable d’installer le tas de fumier sur une aire bétonnée et entourée de rigoles, car cela empêche les larves de migrer pour se transformer en nymphes dans le sol alentour. Sous les climats chauds, on peut étaler le fumier sur le sol, car il a le temps de sécher avant que les mouches puissent se développer.



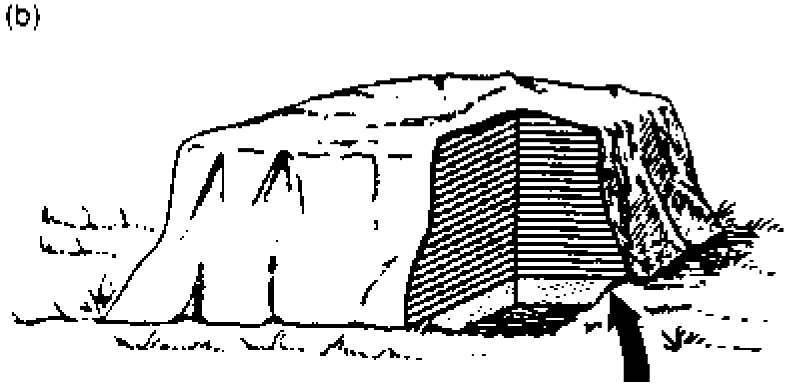


Fig. 6.7 La reproduction des mouches dans les tas de fumier peut être rendue impossible par l’installation d’une couverture légère sur ces tas, par exemple une feuille de plastique; comme les pertes de chaleur sont alors réduites, les couches superficielles deviennent trop chaudes pour servir de gîtes larvaires (© OMS).

WHO 96499/F

Excreta humains

On peut empêcher la reproduction des mouches dans les latrines à fosse non couvertes en complétant l'installation par une dalle munie d'un siphon et un grillage arrêtant les mouches à l'orifice extérieur du tuyau d'aération. A défaut de siphon, on peut fermer l'orifice de la latrine avec un couvercle bien ajusté. On peut aussi réduire la prolifération des mouches en installant des latrines du type à fosse ventilée (se reporter au Chapitre 1 pour plus de renseignements).

Des gîtes larvaires sont également mis à la disposition de la mouche *Musca sorbens* quand certains ont l'habitude de s'exonérer en plein air, sans utiliser de latrines ni de toilettes. C'est un problème courant lorsque des groupes de population importants (par exemple, des réfugiés) séjournent dans des camps de transit. L'installation de latrines correctes devrait recevoir la priorité. A défaut, on peut demander aux intéressés d'aller s'exonérer dans un champ réservé à cet usage, situé à au moins 500 mètres sous le vent de l'habitation ou du dépôt d'aliments le plus proche et à au moins 30 mètres de toute source d'approvisionnement en eau. Cela réduit le nombre de mouches dans le camp et facilite l'élimination des étrons. La pratique qui consiste à recouvrir les excreta d'une mince couche de terre risque d'accroître la prolifération des mouches, car les matières fécales mettent alors en principe plus longtemps à sécher.

Ordures ménagères et autres détritus organiques

Pour éliminer ces milieux propices à la prolifération des mouches, on peut procéder à leur ramassage, à leur stockage, à leur transport et à leur élimination selon des modalités précises (Fig. 6.8). Quand il n'existe pas de système de ramassage des ordures ménagères, on peut s'en débarrasser en les faisant brûler ou en les enfouissant dans une fosse creusée à cet effet. Au moins une fois par semaine, il faut recouvrir le contenu de la fosse d'une nouvelle couche de terre pour arrêter la prolifération des mouches.



Fig. 6.8 L'utilisation de poubelles munies d'un couvercle étanche peut réduire la prolifération des mouches dans les agglomérations urbaines.

WHO 96500

Même dans des poubelles hermétiquement fermées, la reproduction des mouches n’est pas totalement exclue. Sous les climats chauds, les larves peuvent sortir des poubelles pour se transformer en nymphes au bout de 3 à 4 jours seulement. En pareil cas, il faut ramasser les ordures au moins deux fois par semaine. Sous les climats tempérés, un ramassage hebdomadaire suffit. Lorsqu’on vide une poubelle, il faut en curer soigneusement le fond.

Dans la plupart des pays, les ordures ménagères sont transportées dans des décharges où il est indispensable, pour réduire la prolifération des mouches, de compacter les déchets et de les recouvrir chaque jour d’une couche de terre bien tassée (15-30 cm). Ces décharges doivent être situées à plusieurs kilomètres au moins des zones résidentielles.

Comme on l’a vu au Chapitre 1, les déchets peuvent être utilisés pour combler les endroits qui servent de gîtes larvaires aux moustiques: trous d’emprunt, zones marécageuses et autres dépressions. Quand on les recouvre de terre selon des modalités précises, on parle de décharge contrôlée (Fig. 6.9).

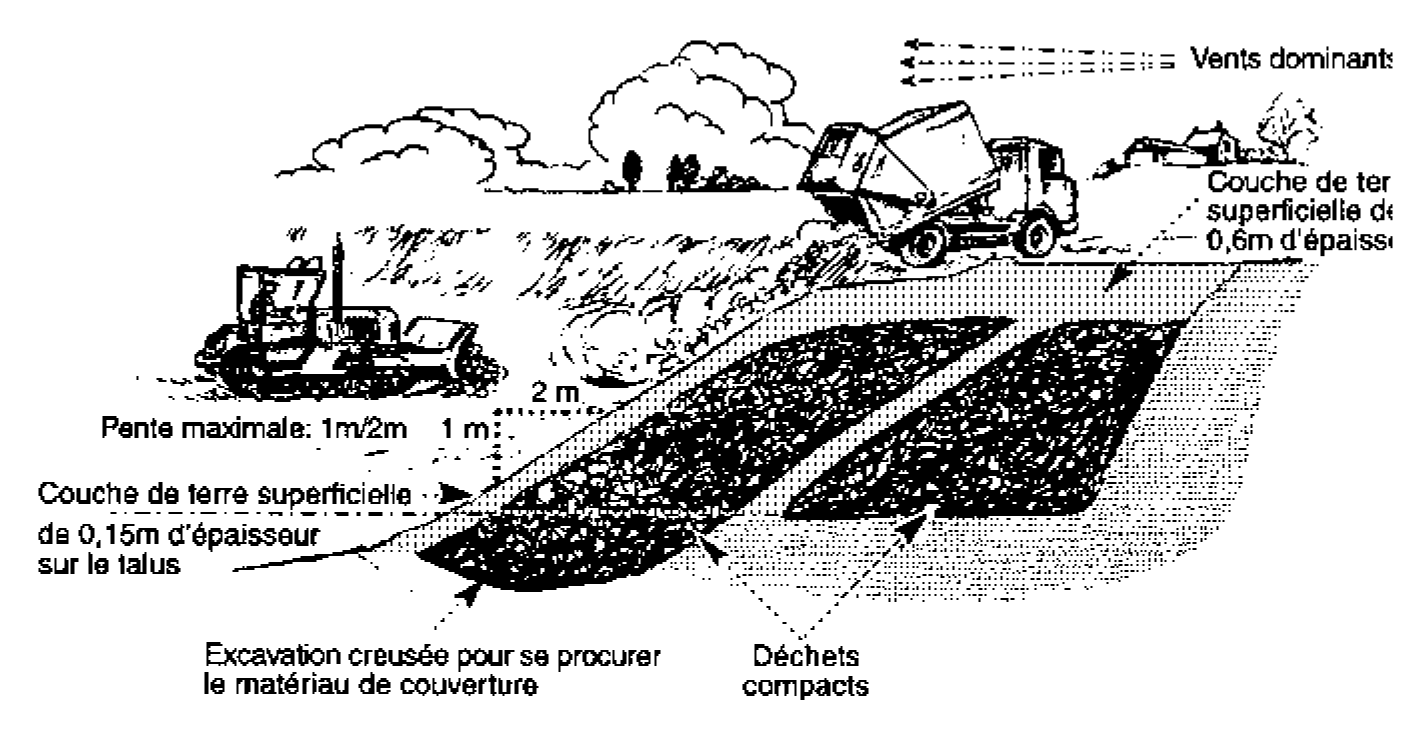


Fig. 6.9 Décharge contrôlée (*1*).

WHO 96501/F

Dans certaines grandes villes, on brûle de grandes quantités de déchets dans des incinérateurs. Dans les régions sèches, on peut installer de petits incinérateurs d’un modèle rudimentaire.

Sol imprégné de matières organiques

Il faut curer les égouts à ciel ouvert, les fosses d’aisances et les puits d’infiltration pour en retirer les déchets organiques qui s’y sont accumulés, sous forme compacte ou sous

forme de boues (Fig. 6.10). On peut ensuite laver les caniveaux à grande eau. Pour réduire la prolifération des mouches, une solution consiste à couvrir ces caniveaux, mais, comme on l'a vu au Chapitre 1, cela peut poser des problèmes en l'absence d'un entretien correct. Il faut supprimer tous les endroits où des eaux usées sont directement déversées sur le sol.



Fig. 6.10 Le curage régulier des caniveaux et des fossés est indispensable pour empêcher la reproduction des mouches dans les détritus organiques qui s'y accumulent.

Des précautions particulières sont nécessaires dans les abattoirs et les halles au poisson. Si possible, il faut bétonner le sol et installer des rigoles pour faciliter le nettoyage.

Dans les endroits où l'on utilise le fumier comme engrais, il faut éviter les amas compacts au moment de l'épandage.

Elimination de tout ce qui attire les mouches

Les mouches choisissent comme gîtes larvaires des endroits dont l'odeur les attire. En outre, elles sont également attirées par divers produits comme la farine de poisson, la poudre d'os, la mélasse et le malt des brasseries, le lait et les fruits à l'odeur douce, spécialement les mangues.

Pour empêcher que les mouches ne soient attirées par les déchets, il faut veiller à la propreté des lieux, ramasser les déchets et en recouvrir les tas. Dans les industries où l'on utilise des produits attirant les mouches, on peut installer des évents spéciaux pour éliminer les odeurs.

Prévention des contacts entre mouches et agents pathogènes

Des germes pathogènes sont présents notamment dans les excreta et les excréments, les ordures ménagères, les eaux d'égouts, les yeux infectés, les écorchures et les plaies. Les mesures prises contre la prolifération des mouches réduisent également les contacts entre ces insectes et les germes. Les plus importantes sont les suivantes:

- installer et utiliser des latrines et toilettes convenables dans lesquelles les mouches ne puissent pas entrer en contact avec les matières;

- empêcher tout contact des mouches avec les malades et leurs excreta, ainsi qu'avec des couches souillées, des écorchures et des yeux infectés;

- interdire l'accès des mouches aux carcasses, abats et issues dans les abattoirs.

Protection contre les mouches des aliments, des ustensiles de cuisine et des personnes

On peut mettre les aliments et les ustensiles de cuisine dans des récipients, des placards, des emballages, etc., qui empêchent le passage des mouches. Des moustiquaires et des grillages peuvent être posés aux fenêtres et autres ouvertures. On peut installer des portes à fermeture automatique ou poser dans l'embrasure des portes des rideaux de perles ou de lanières en plastique jointives qui arrêtent les mouches (Fig. 6.11). Des moustiquaires peuvent être installées au-dessus de la couche des nourrissons pour les protéger des mouches, des moustiques et autres insectes, mais aussi sur les aliments ou les ustensiles de cuisine (Fig. 6.12). L'utilisation d'un ventilateur électrique permet de créer un mur d'air dans les entrées ou dans les couloirs qui doivent rester ouverts.



Fig. 6.11 Des rideaux de perles peuvent être installés dans l'embrasure des portes pour empêcher le passage des mouches et des autres insectes.

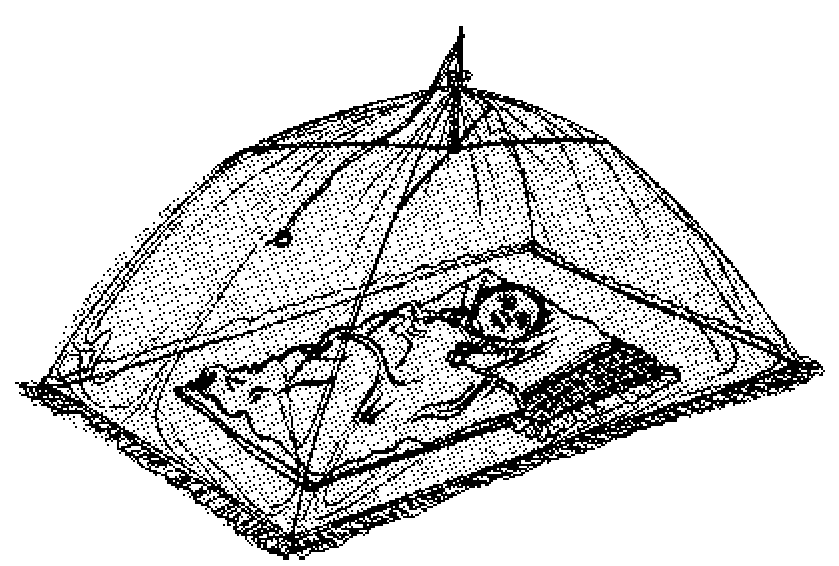


Fig. 6.12 L'utilisation de moustiquaires auto-portantes, sans armature, permet de protéger les nourrissons des mouches.

La pose de grillages aux ouvertures constitue la méthode la plus importante dans les bâtiments, mais elle risque de réduire la ventilation et l'éclairage. Une maille de 2-3 mm fait l'affaire, sauf si l'on veut aussi empêcher le passage des moustiques auquel cas la maille doit être de 1,5 mm au maximum (voir Chapitre 1). On préférera le plastique armé au métal nu qui risque de se corroder.

Les mouches qui ne sont pas arrêtées par les grillages peuvent être tuées au moyen de pièges, de papiers tue-mouches ou par la pulvérisation spatiale d'un insecticide avec une bombe aérosol.

Méthodes de destruction directe des mouches

Les méthodes utilisables pour tuer directement les mouches peuvent être classées en deux catégories selon qu'elles sont de nature physique ou chimique. Dans l'exposé sommaire qui suit, ces méthodes sont classées par ordre de complexité croissante pour l'utilisateur.

Méthodes physiques

Les méthodes physiques sont faciles à utiliser et ne soulèvent pas de problème de résistance aux insecticides, mais elles ne sont pas très efficaces quand les mouches sont très nombreuses. Elles sont particulièrement bien adaptées à une utilisation à petite échelle dans les hôpitaux, les bureaux, les hôtels, les supermarchés et les autres boutiques où l'on vend de la viande, des légumes et des fruits.

Pièges à mouches

On peut capturer un grand nombre de mouches avec des pièges. Un récipient de couleur foncée constitue un endroit attirant pour les mouches, comme gîte larvaire ou comme endroit où chercher sa nourriture. Lorsqu'elles essaient de ressortir, les mouches sont arrêtées par le treillis métallique éclairé par le soleil qui ferme l'ouverture du récipient. Cette méthode convient exclusivement à l'extérieur.

Dans l'un des modèles, un récipient en plastique ou une boîte de conserve contenant l'appât est fermé par un couvercle en bois ou en plastique muni d'une petite ouverture, lui- même surmonté par une cage grillagée. Un espace de 0,5 cm ménagé entre la cage et le couvercle permet aux mouches de se frayer un passage jusqu'à l'ouverture du récipient inférieur (Fig. 6.13).

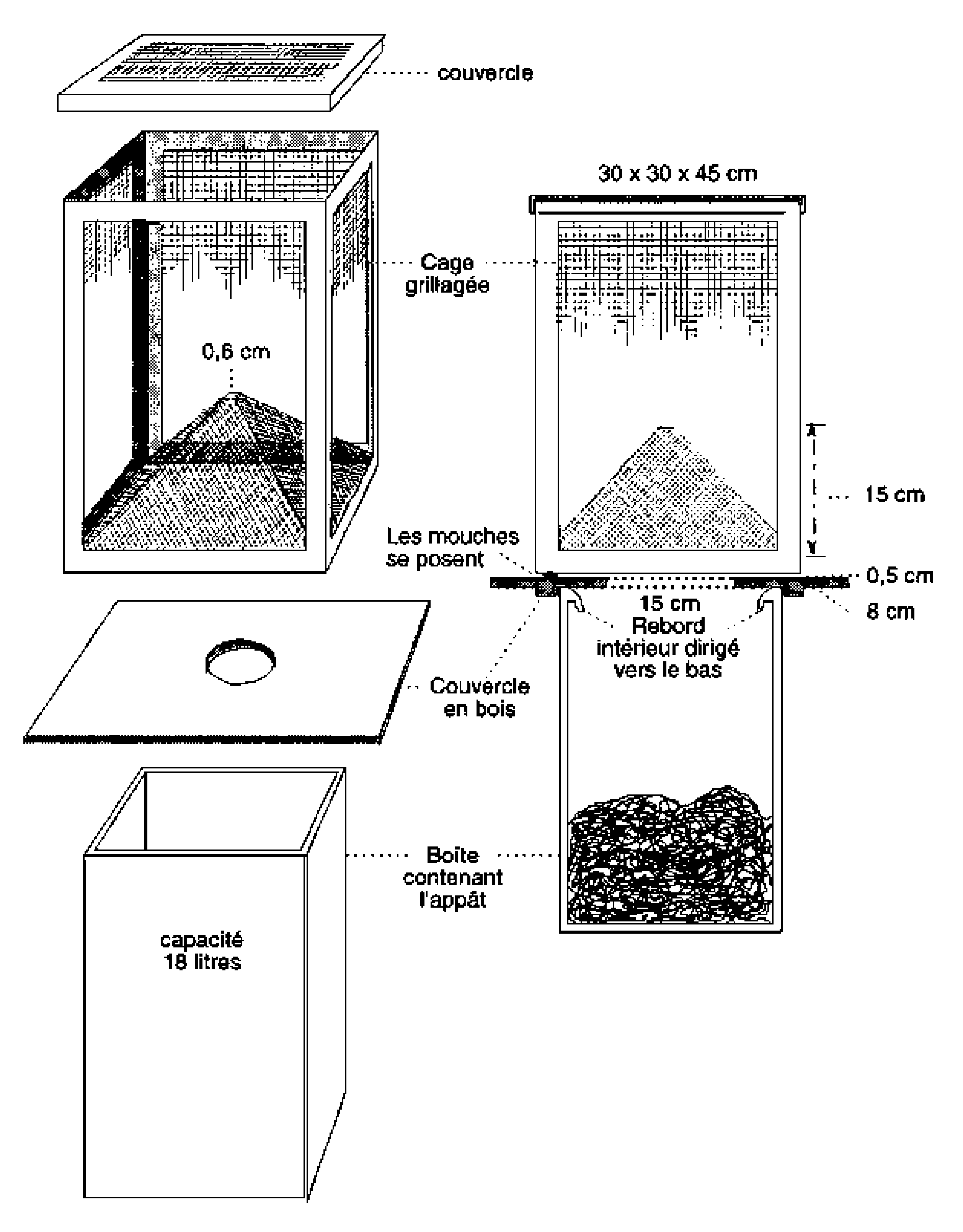


Fig. 6.13 Eléments constitutifs d'un piège à mouches (© OMS).

WHO 96505/F

Il faut remplir ce dernier à moitié avec un appât humide de texture molle, en veillant à ce qu'il n'y ait pas d'eau au fond. Des déchets humides en décomposition provenant de la cuisine conviennent, par exemple des légumes verts, des céréales ou des fruits blets. On peut y ajouter de gros morceaux de viande ou de poisson avancé. Quand l'évaporation est importante, il faut humecter l'appât tous les deux jours. On trouvera à la page 345 la description d'autres appâts possibles.

Au bout d'une semaine, l'appât grouille d'asticots et doit être détruit et remplacé. Les mouches qui pénètrent dans la cage y meurent rapidement et finissent par la remplir jusqu'au sommet, après quoi il faut la vider. Le piège doit être installé dehors en plein soleil, loin de l'ombrage.

Papiers tue-mouches

Les papiers tue-mouches qu'on trouve dans le commerce sous forme de serpentins à accrocher au plafond attirent les mouches à cause de leur teneur en sucre. Les mouches qui se posent sur le papier sont engluées. Un serpentin dure plusieurs semaines s'il n'est pas entièrement recouvert de poussière ou de mouches prises au piège.

Pièges lumineux munis d'un dispositif d'électrocution

Les mouches sont attirées par la lumière et électrocutées lorsqu'elles touchent le grillage sous tension qui entoure la lampe (Fig. 6.14). La lumière bleue et les UV attirent les calliphoridés, mais ne sont pas très efficaces contre les mouches domestiques. Il faut expérimenter la méthode dans les conditions locales avant d'investir dans ce genre d'appareil. On s'en sert parfois dans les cuisines des hôpitaux et dans les restaurants.



Fig. 6.14 Piège lumineux muni d'un dispositif d'électrocution.

Méthodes chimiques

L'utilisation d'insecticides est une méthode temporaire à n'utiliser qu'en cas de stricte nécessité, car les mouches deviennent très rapidement résistantes au produit utilisé. Bien que ce résultat soit provisoire, des insecticides efficaces permettent de décimer les mouches très rapidement, ce qui est capital lors d'une épidémie de choléra, de dysenterie ou de trachome.

Plaquettes diffusantes de dichlorvos

On trouve dans le commerce des plaquettes constituées d'un matériau absorbant imprégné de dichlorvos (Fig. 6.15). Elles diffusent lentement l'insecticide, pendant une durée pouvant aller jusqu'à trois mois dans un local peu aéré. La plupart de ces plaquettes sont destinées au traitement de pièces d'un volume de 15-30 m^3.

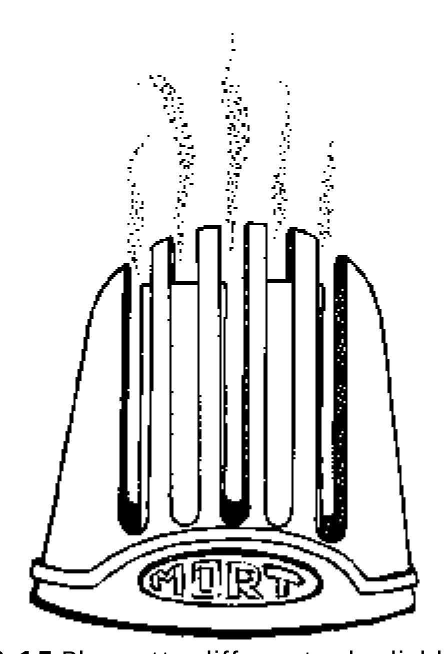


Fig. 6.15 Plaquette diffusante de dichlorvos.

La méthode n'est efficace que dans les endroits peu aérés et peut comporter un risque de toxicité pour l'homme, de sorte qu'elle est à exclure dans les pièces où dorment des nourrissons ou des personnes âgées. Pour plus de renseignements, se reporter au Chapitre 1, p. 75.

Introduction de matériaux toxiques dans les lieux de repos des mouches

L'idée de fournir aux mouches des lieux de repos où elles seront exposées à des produits toxiques s'inspire de l'observation selon laquelle ces insectes affectionnent plus particulièrement certains endroits pendant la nuit, à savoir les arêtes des meubles et les rebords, les cordes, les fils, les plafonds, etc. Les matériaux qui peuvent être imprégnés d'insecticide sont les moustiquaires, les rideaux, les cordelettes en coton, les bandes de tissu ou de gaze et les bandes de papier fort. Ces bandes peuvent garder leur efficacité pendant de longues semaines, aussi bien dans les régions tempérées que dans les régions tropicales. La méthode est bon marché, a une efficacité prolongée et risque moins de provoquer l'apparition d'une résistance aux insecticides que la pulvérisation de produits à effet rémanent. Toutefois, elle ne fonctionne pas quand de l'air circule sous le plafond comme c'est le cas dans de

nombreuses pièces, étables ou écuries bien aérées. Le nombre de mouches diminue assez lentement au début, tandis que d'autres méthodes chimiques peuvent être plus efficaces si l'on recherche un résultat immédiat.

Application

Les bandes sont plongées dans une émulsion insecticide diluée éventuellement additionnée de sucre, de glycérol ou d'un autre produit attractif et de colle ou d'huile qui vont former une pellicule résistante. Après cette opération, on laisse le liquide s'écouler et les bandes sécher. Une méthode traditionnelle consiste à se servir de fagots de brindilles qu'on imprègne avec une solution toxique.

Au cours des années 50, les professionnels utilisaient, pour le traitement des bandes ou des cordelettes, un insecticide bon marché mais extrêmement toxique, le parathion. Aujourd'hui, on lui préfère des produits moins dangereux pour l'homme, qu'il s'agisse d'organophosphorés comme le diazinon, le fenchlorphos, le malathion, le fenthion, le diméthoate et le trichlorfon, de carbamates comme le propoxur et le dimétilan ou de pyréthrinoïdes comme la cyperméthrine, la deltaméthrine, la perméthrine et la cyfluthrine.

Lors de la préparation des produits, il ne faut pas oublier qu'une forte concentration d'insecticide peut avoir un effet répulsif ou irritant sur les mouches. Il arrive donc qu'une concentration plus faible soit plus efficace. Il faut essayer plusieurs doses sur le terrain pour apprécier l'effet attractif ou répulsif correspondant. Une concentration de 1 à 10% donne généralement de bons résultats dans le cas des organophosphorés et des carbamates.

Une fois imprégnés, les supports sont accrochés au plafond ou dans d'autres endroits envahis par les mouches, à raison d'environ 1 mètre linéaire par mètre carré de surface au sol. Les éléments rectilignes verticaux et les éléments curvilignes attirent davantage les mouches que les éléments horizontaux, et une couleur foncée ou rouge est préférable à une couleur claire. L'accrochage se fait au moyen d'agrafes ou d'épingles ou le long d'un fil horizontal tendu parallèlement au plafond (Fig. 6.16).

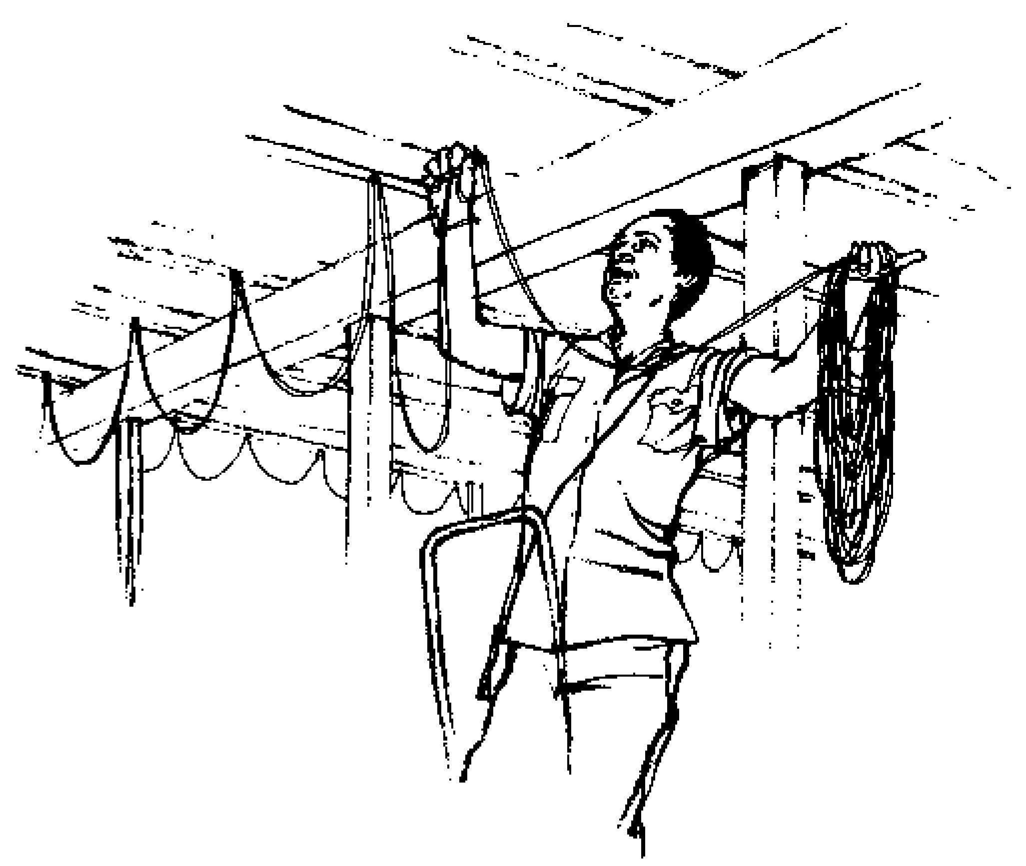


Fig. 6.16 Une méthode commode consiste à accrocher au plafond des bandes ou des cordelettes de coton, de tissu ou de gaze imprégnées d'un insecticide suffisamment persistant.

Les cordelettes ou les bandes peuvent également être tendues sur des cadres qu'on déplace alors selon les besoins. On peut utiliser des bandelettes dans les abris pour animaux, les élevages avicoles, les marchés, les boutiques, les restaurants ou dans tout autre endroit infesté par les mouches.

Attraction des mouches au moyen d'appâts toxiques (Tableau 6.1)

Les appâts toxiques traditionnels étaient constitués de sucre et d'eau ou d'un autre liquide attirant les mouches, additionnés d'un poison violent tel que l'arsénite de sodium. On peut encore recommander pour tuer les mouches l'utilisation de lait ou d'un liquide sucré contenant 1-2% de formaldéhyde. Des progrès ont été rendus possibles par le développement d'organophosphorés et de carbamates extrêmement toxiques pour les mouches, mais relativement sans danger pour l'homme et les mammifères.

L'efficacité d'un appât dépend a) des substances naturelles attractives auxquelles les mouches sont adaptées, et b) de la concurrence exercée par d'autres substances attractives (des aliments). En règle générale, les appâts n'attirent pas les mouches qui sont éloignées. Toutefois, certains attractifs spéciaux, autres que le sucre, peuvent beaucoup renforcer l'efficacité des appâts dont l'effet se fait alors sentir dans un rayon de quelques mètres. Parmi ces attractifs, on peut citer la levure fermentée ou une protéine animale (par exemple, œuf entier), le carbonate d'ammonium, les sirops et le

malt. Dans certaines régions, un attractif de synthèse qu'on trouve dans le commerce, le SFA, s'est révélé très efficace contre les mouches dans les élevages avicoles. Il contient 88% de farine de poisson de qualité commerciale, 5% de sulfate d'ammonium, 5% de chlorhydrate de triméthylamine, 1% d'acide linoléique et 1% d'indole. La libération des substances attractives se fait lentement une fois que l'appât a été humecté. Un autre attractif qu'on trouve dans le commerce est constitué d'une phéromone de la mouche, la muscalure, qui peut attirer ces insectes encore trois semaines après son application.

Tableau 6.1
Insecticides incorporés dans les appâts toxiques anti- mouches

Insecticide	Appât sec à répandre	Appât liquide appliqué par aspersion	Appât liquide disposé au moyen d'un distributeur	Appât visqueux à étaler au pinceau
Organophosphorés				
dichlorvos[a]	+[b]	++[b]	++	
diméthoate[a]		+	++	
trichlorfon[a]	++	++	++	++
azaméthiphos	+			++
diazinon	++	+		+
fenchlorphos	+	+		+
malathion	+	+		+
naled	+	+		+
propétamphos				++
Carbamates				
bendiocarbe	++	+		
dimétilan[a]		+	++	+
méthomyl[c]				++
propoxur	++	+		
formaldéhyde[a]			+	

[a] Suspension aqueuse.

[b] Le signe + ou le signe ++ signalent les insecticides qui conviennent le mieux ou sont le plus utilisés pour le mode d'application correspondant.

[c] Egalement utilisable sous forme de granulés collés sur des bandelettes ou des cartons.

Avantages

Les différents types d'appâts sont bon marché et faciles à utiliser. Ils permettent de venir à bout des mouches quand les gîtes larvaires disponibles sont en nombre modéré. Certains appâts, répandus à la main ou avec un arrosoir ou un pulvérisateur, peuvent entraîner une diminution sensible de la densité des mouches en l'espace de

quelques heures. Il faut répéter l'opération jusqu'à six fois par semaine pour obtenir une bonne efficacité. Les distributeurs d'appâts liquides et les bacs contenant des appâts secs restent efficaces une semaine ou deux. Un appât à étaler au pinceau est celui qui convient le mieux. On peut l'appliquer facilement sur les surfaces, tant horizontales que verticales, utilisées par les mouches pour se reposer, et il a une bonne rémanence. La résistance vis-à-vis des appâts toxiques apparaît plus lentement chez la mouche que la résistance aux pulvérisations d'insecticides à effet rémanent. Même lorsqu'elles sont devenues résistantes à un insecticide déterminé, les mouches peuvent encore être tuées par ce même produit s'il est incorporé dans un appât.

Inconvénients

Les appâts qui sont répandus à la main ou avec un arrosoir nécessitent des applications fréquentes. Les appâts liquides doivent être mis hors de la portée des enfants et des animaux.

Types d'appât

Appâts secs à répandre à la main

Ils contiennent 0,1 à 2% d'insecticide dans un excipient qui peut être simplement du sucre cristallisé ou du sucre additionné de sable, des épis de maïs broyés, des coquilles d'huître, etc. On peut y ajouter un autre attractif. L'appât doit être réparti en couches minces à raison de 60-250 g pour 100 m^2 sur les lieux de repos, par exemple par terre. On peut également le mettre dans des récipients spéciaux installés à poste fixe: bacs ou autres en métal, bois, carton, etc. L'efficacité est maximale quand il existe des surfaces convenables sur lesquelles l'appliquer.

Appâts liquides à répandre avec un arrosoir ou un pulvérisateur

On les prépare en mélangeant dans l'eau un insecticide (0,1-0,2%) et du sucre ou un autre édulcorant (par exemple à raison de 10%). L'application se fait avec un arrosoir ou un pulvérisateur sur le sol, en l'absence d'enfants ou d'animaux, et sur d'autres surfaces horizontales ou verticales appropriées hors de la portée des animaux et des enfants.

Distributeurs d'appâts liquides

Un appât liquide du même type que ceux qu'on répand avec un arrosoir ou un pulvérisateur est mis dans un récipient - bocal retourné ou abreuvoir individuel - muni d'une éponge ou d'une mèche qui s'en imbibe (Fig. 6.17). On peut également imprégner d'insecticide des boules ou des nattes de matériau absorbant qu'on humecte avant utilisation.

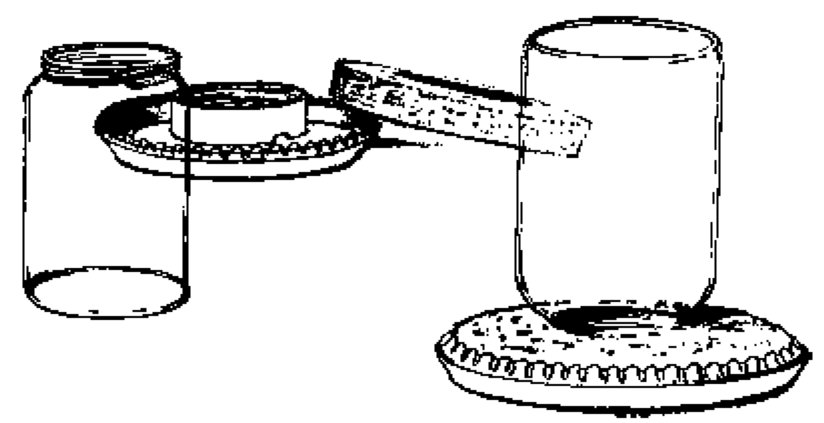


Fig. 6.17 Distributeur d'appât liquide constitué d'une éponge qui est maintenue humide par le liquide qui s'écoule d'un bocal retourné à moitié rempli.

Appâts visqueux à étaler au pinceau

Ils sont composés d'un insecticide (2-6%), d'un liant et de sucre (ou simplement d'un insecticide incorporé dans du sirop ou de la mélasse) et peuvent être étalés au pinceau sur les cloisons, les murs, les poteaux, le tour des fenêtres et les plafonds ou sur des bandelettes, des plaques, etc., qui sont accrochées ou fixées par tout autre moyen aux endroits où les mouches abondent (Fig. 6.18). L'appât colle à la surface et reste actif plusieurs semaines ou plusieurs mois. Le trichlorfon est l'un des insecticides dont on se sert couramment pour ce mode d'application. Les mouches qui ne sont pas tuées lors de leur contact avec la surface traitée peuvent l'être par l'appât qu'elles ont mangé.

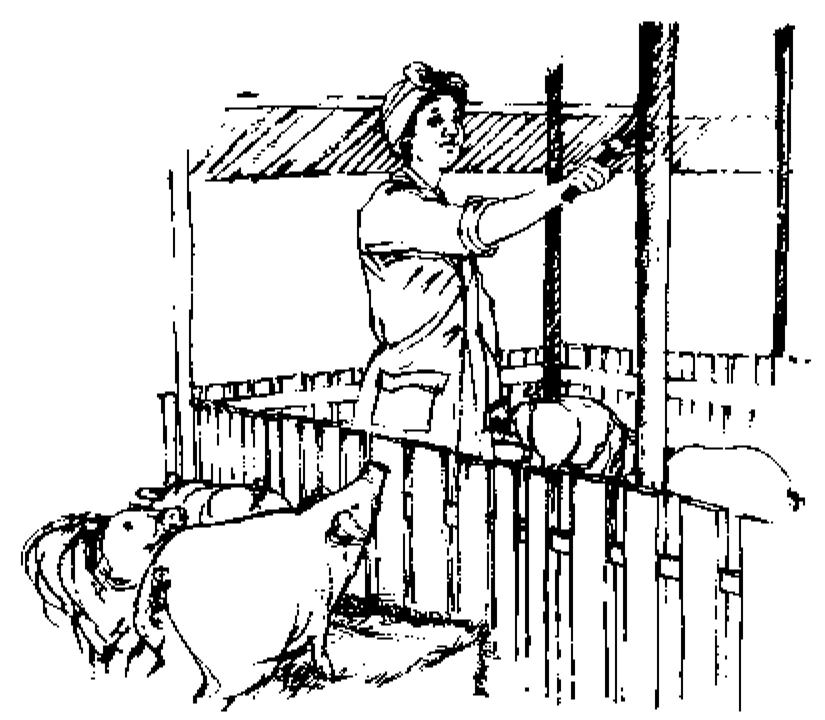


Fig. 6.18 Appât toxique étalé au pinceau dans des endroits fréquemment utilisés par les mouches comme lieux de repos.

Traitement des lieux de repos avec un insecticide à effet rémanent

On peut pulvériser un insecticide suffisamment rémanent sur les surfaces qu'utilisent les mouches pour se reposer (voir Chapitre 9). Cette méthode a à la fois un effet immédiat et un effet à long terme. Selon le produit utilisé, la nature du revêtement ou de la surface des murs, la température, l'humidité, l'ensoleillement et la résistance des mouches, la rémanence peut être assurée de plusieurs jours à quelques semaines. Il importe de savoir où les mouches passent l'essentiel de leur temps pendant la nuit. Les pulvérisations doivent être limitées aux surfaces dont on sait, pour l'avoir observé, qu'elles servent de lieux de repos pour les insectes. La pulvérisation d'insecticides à effet rémanent est surtout pratiquée dans les exploitations agricoles, dans les parcs ou abris pour animaux.

Inconvénients

Le choix d'un insecticide est délicat, car les résultats obtenus avec le même produit peuvent très bien être satisfaisants à un endroit et décevants ailleurs. Le risque de voir les mouches devenir résistantes est plus important avec les pulvérisations d'insecticides à effet rémanent qu'avec les autres traitements chimiques utilisés contre les mouches adultes.

Insecticides

On trouvera au Tableau 6.2 une liste d'insecticides à effet rémanent, à utiliser en pulvérisation, avec indication des doses d'emploi recommandées. Avant de faire son choix, mieux vaut consulter un spécialiste de la lutte contre les nuisibles.

Tableau 6.2

Insecticides à effet rémanent de la classe des organophosphorés et de la classe des pyréthrinoïdes utilisés dans la lutte contre les mouches

Insecticide	**Dose (g/m^2) de matière active**	**Observations**
Organophosphorés[a]		
azaméthiphos	1,0-2,0	Surtout vendu sous forme d'appât sucré.
bromophos	1,0-2,0	Faible résistance dans la plupart des endroits.
diazinon	0,4-1,0	
diméthoate	0,25-1,0	
chlorfenvinphos	0,4	Problèmes de résistance dans la plupart des endroits.
fenchlorvos	1,0-2,0	
fenitrothion	1,0-2,0	
iodofenphos	1,0-2,0	
malathion	1,0-2,0	
pirimiphos- méthyl	1,0-2,0	Faible résistance dans la plupart des endroits. Surtout utilisés sous forme d'appât sucré.
propétamphos	0,25-1,0	
trichlorfon	1,0-2,0	

Pyréthrinoïdes		
alphacyperméthrine	0,02	Apparition rapide d'une résistance au Canada et dans certaines régions d'Europe.
cyfluthrine	0,03	
cyperméthrine	0,025-0,1	
deltaméthrine	0,01-0,15	
fenvalérate	1,0	
perméthrine	0,025-0,1	

[a] L'utilisation de la plupart des organophosphorés fait l'objet de restrictions dans certains pays en ce qui concerne les laiteries, les usines de transformation alimentaire ou les autres endroits où des aliments sont exposés; des restrictions sont également imposées à certains de ces produits lorsqu'il existe un risque d'exposition de la volaille, des vaches laitières et d'autres animaux pendant la pulvérisation.

L'épandage se fait avec un pulvérisateur à main (Chapitre 9) ou à moteur, sous faible pression pour éviter la dispersion au loin des particules d'insecticide.

Pulvérisations spatiales

Une brume ou un aérosol produits à partir d'une solution ou d'une émulsion insecticide exercent sur les mouches un effet de choc et les tuent rapidement. La pulvérisation se fait avec une bombe aérosol, un pulvérisateur à main ou un petit pulvérisateur mécanique portatif. Le principe consiste à remplir tout le volume traité d'une brume de façon que les mouches se chargent de petites gouttelettes en volant.

Par comparaison avec les pulvérisations d'insecticides à effet rémanent sur les surfaces servant de lieux de repos, les pulvérisations spatiales ont un effet immédiat mais de courte durée. Le risque de voir apparaître une résistance vis-à-vis du produit utilisé est moindre. La méthode est utilisable à l'intérieur des locaux, à l'extérieur et pour pulvériser directement le produit sur des mouches réunies en masse.

Pulvérisations spatiales à l'intérieur des locaux

Dans les abris pour animaux, les pulvérisations spatiales constituent surtout un traitement annexe, parallèlement à l'utilisation d'un produit à effet rémanent ou d'appâts toxiques; cependant, elles peuvent constituer la principale méthode de lutte chimique dans les exploitations agricoles où ces autres méthodes échouent (du fait de l'apparition d'une résistance) et doivent alors être fréquentes. Le produit choisi doit être sans danger pour les animaux domestiques. Le traitement doit avoir lieu à un moment où les mouches sont les plus nombreuses à l'intérieur, par exemple le soir.

Avantages: les pulvérisations spatiales pratiquées à l'intérieur permettent de réduire rapidement la densité des mouches dans les habitations, les cuisines, les restaurants, les boutiques, les abris pour animaux, etc. (Fig. 6.19).

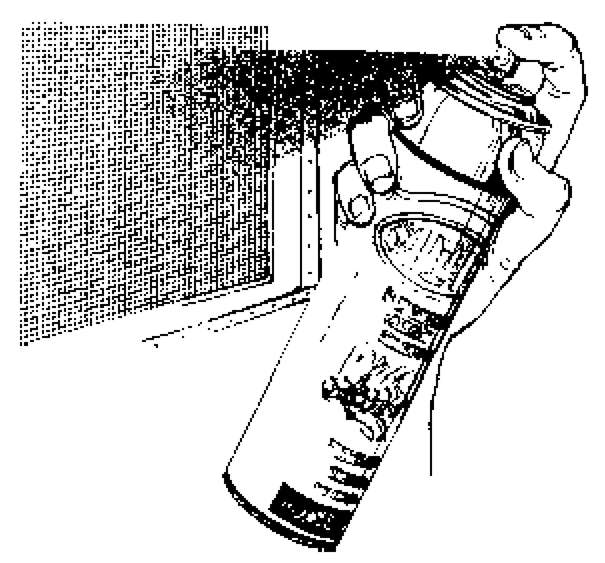


Fig. 6.19 Les bombes aérosols sont très utilisées et permettent de tuer les mouches domestiques dans les endroits confinés.

Inconvénients: il ne faut pas recourir aux pulvérisations spatiales dans les cuisines ou les restaurants pendant qu'on y prépare ou sert des repas; comme leur efficacité est limitée, ces pulvérisations conviennent principalement comme complément d'une autre méthode.

Pulvérisations spatiales à l'extérieur

Elles permettent de se débarrasser des mouches rapidement mais de façon temporaire, par exemple dans des dépôts d'ordures où l'on n'a pas la possibilité de recouvrir les déchets d'une couche de terre suffisante, dans les zones d'activités récréatives, sur les marchés et dans l'industrie alimentaire, ou lorsqu'on veut obtenir une couverture étendue dans les villes et les agglomérations urbaines, spécialement en situation d'urgence.

En général, la méthode n'a qu'un effet temporaire et seules sont tuées les mouches qui sont exposées au produit à l'extérieur. Celles qui se trouvent à l'intérieur des locaux ou se reposent à l'abri ont des chances de survivre; la méthode est sans efficacité sur les adultes au moment de l'éclosion imaginale. Les pulvérisations spatiales doivent être effectuées à un moment où la densité des mouches est maximale, par exemple le matin. Des traitements quotidiens sur une durée de deux semaines, par exemple, peuvent ramener la densité à un niveau à partir duquel on peut poursuivre la lutte en espaçant les traitements, par exemple une fois par semaine ou tous les quinze jours.

Avantage: la densité des mouches est réduite rapidement.

Inconvénients: le coût peut être élevé du fait de la nécessité de renouveler les pulvérisations; la méthode n'est guère efficace quand les endroits pouvant servir de gîtes larvaires aux mouches abondent; l'efficacité dépend de l'importance des courants d'air pendant la pulvérisation.

L'épandage se fait par brumisation ou nébulisation ou par pulvérisation à très bas volume (TBV). On utilise un équipement mécanique, au sol ou embarqué. Les

brumiseurs constituent l'équipement le plus pratique, car ils assurent une distribution du produit qui dépend moins des courants d'air. On trouvera au Tableau 6.3 une liste d'insecticides utilisables pour les pulvérisations spatiales à l'extérieur, avec indication des doses efficaces.

Tableau 6.3
Doses efficaces pour les pulvérisations spatiales anti- mouches à l'extérieur[a]

Insecticide	Dose (g/ha) de matière active
Organophosphorés	
azaméthiphos	50-200
diazinon	340
dichlorvos	340
diméthoate	220
fenchlorvos	450
iodofenphos	350
malathion	670
naled	220
pirimiphos- méthyl	250
Pyréthrinoïdes	
bioresméthrine[b]	5-10
cyfluthrine	2
deltaméthrine	0,5-1,0
phénothrine[b]	5-10
perméthrine[b]	5-10
pyréthrines[b]	20
resméthrine[b]	20

[a] Dans les régions où les mouches ne sont pas résistantes à l'insecticide correspondant.

[b] Insecticide pouvant être associé à d'autres pyréthrinoïdes à effet de choc rapide ou à un synergisant comme le pipéronylbutoxyde (5-10 g/ha).

Pulvérisations directes sur des essaims de mouches

Lorsque des mouches pullulent sur un tas d'ordures ménagères, on peut les asperger directement avec un pulvérisateur à main ou mécanique qui répand un nuage de composition relativement liquide qui tue les mouches atteintes directement et s'évapore en laissant un résidu toxique qui tue celles qui se déplacent sur la surface traitée pendant le reste de la journée. Ces traitements sont également efficaces contre les larves.

Il existe toute une gamme d'organophosphorés qui peuvent être utilisés en solution dans le kérosène ou en émulsion aqueuse à la concentration de 1-2%.

Traitement des gîtes larvaires au moyen de larvicides

Les larvicides chimiques s'utilisent principalement sur les tas de fumier, dans les exploitations agricoles. La lutte pratiquée à ce stade a le gros avantage de s'attaquer au problème à la base. Cependant, la méthode n'est pas sans inconvénients: comme le fumier s'accumule constamment et qu'il est renouvelé, le traitement larvicide doit être fréquemment recommencé pour que le produit puisse pénétrer en profondeur et soit bien distribué. De plus, les larvicides tuent souvent des ennemis naturels des mouches comme les coléoptères, les acariens et les perce-oreilles. Enfin, les larvicides peuvent favoriser l'apparition d'une résistance, de sorte qu'il faut choisir le produit soigneusement.

Sous réserve qu'une résistance à ces produits ne se soit pas développée, les larvicides efficaces et les doses recommandées correspondantes sont les suivants:

- des organophosphorés, à savoir le dichlorvos et le diazinon, à la dose de 0,3-1,0 g/m^2, et le trichlorfon, le diméthoate, le fenchlorvos, le tétrachlorvinphos, le bromophos, le fénitrothion et le fenthion à la dose de 1-2 g/m^2;

- des régulateurs de la croissance des insectes comme le diflubenzuron, la cyromazine et le triflumuron à la dose de 0,5-1,0 g/m^2 ou le pyriproxyfène à la dose de 0,1 g/m^2; cette classe de produits empêche le développement larvaire pendant 2-3 semaines.

L'épandage de larvicides se fait avec un pulvérisateur ou un arrosoir muni d'une rampe, sous forme d'émulsion, de suspension ou de solution (Fig. 6.20). La dose doit être suffisante pour que les 10 à 15 cm supérieurs du substrat soient mouillés, résultat obtenu avec 0,5-5 litres par m^2.

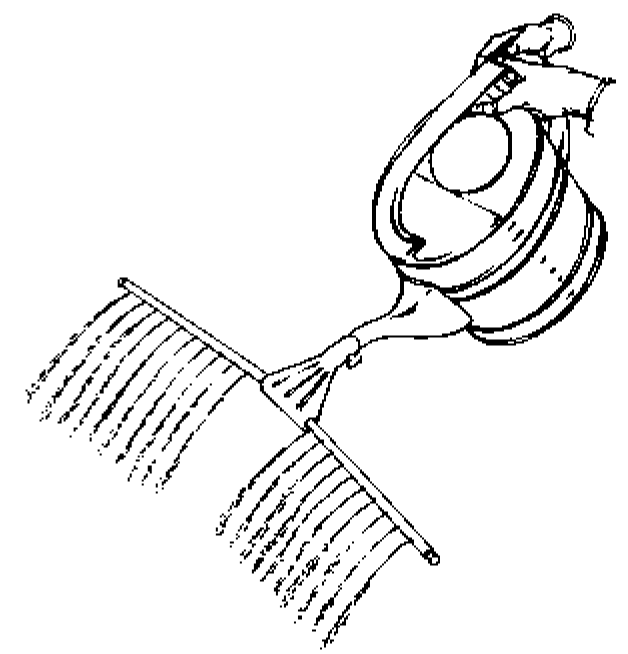


Fig. 6.20 Epandage d'un larvicide avec un arrosoir à rampe.

Bibliographie

1. Keiding J. *The housefly - biology and control. Training and information guide* (*advanced level*). Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1986 (document non publié WHO/VBC/86.937, disponible sur demande auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

Pour en savoir plus

The housefly. Training and information guide (*intermediate level*). Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1991 (document non publié WHO/VBC/90.987, disponible sur demande auprès de la Division de la Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

Chapitre 7. Cyclops

Hôtes intermédiaires du ver de Guinée

Les cyclops sont de minuscules crustacés appartenant à la famille des cyclopidés, que l'on appelle également puces d'eau. On les rencontre en général dans les eaux douces stagnantes, par exemple celles des puits et des mares utilisées par des communautés agricoles défavorisées vivant à la campagne ou aux alentours des agglomérations. En Afrique sub-saharienne, en Inde et au Yémen, ces crustacés sont les hôtes intermédiaires du ver de Guinée, *Dracunculus medinensis*, appelé aussi filaire de Médine, un parasite qui est à l'origine de la dracunculose. Cette parasitose se transmet à l'Homme lors de l'ingestion d'eau contenant des cyclops infectés.

La dracunculose est rarement mortelle mais elle est extrêmement débilitante. Le ver, qui peut atteindre un mètre de longueur, siège principalement au niveau des membres inférieurs, mais il est capable de sortir en n'importe quel point du corps. Il n'existe pas de médicaments contre cette maladie mais on peut prendre des mesures préventives simples et efficaces. La plupart des pays où cette parasitose est endémique ont adopté un programme d'éradication basé sur ces mesures, qui consiste notamment à fournir une eau de boisson non contaminée. Dans certains d'entre eux, les progrès réalisés sont déjà spectaculaires: ainsi la maladie a été éliminée du Pakistan en 1996 après sept ans d'efforts opiniâtres et en Inde, le nombre de cas a reculé de plus de 99% entre 1984 et 1995. Dans l'ensemble du monde, l'incidence de la maladie est tombée de 3,5 millions de cas en 1986 à environ 122 000 en 1995.

Biologie

Les cyclops sont à peine visibles (0,5-2 mm) et peuvent se reconnaître à leurs mouvements saccadés (Fig. 7.1). Ils se nourrissent de plancton et autres organismes aquatiques. Leur cycle de développement est adapté aux mares et autres collections d'eau stagnantes qui constituent leurs biotopes. Les femelles se reproduisent sans fécondation pendant plusieurs générations jusqu'à assèchement du biotope. Elles donnent alors naissance à une nouvelle génération formée de mâles et de femelles, qui produisent des œufs fécondés. Les cyclops peuvent survivre d'une saison des pluies à l'autre en cas de sécheresse. Dans les trente minutes qui ont suivi la mise en eau d'une mare asséchée, on a observé la présence de cyclops vivants; un jour plus tard ils s'étaient transformés en femelles matures (*1*). Les animaux et les inondations dispersent facilement les œufs, donnant ainsi le départ à de nouvelles populations.

C’est souvent pendant la saison sèche que la densité des cyclops est la plus élevée, les cours d’eau et les mares formant alors des collections d’eau peu profondes.

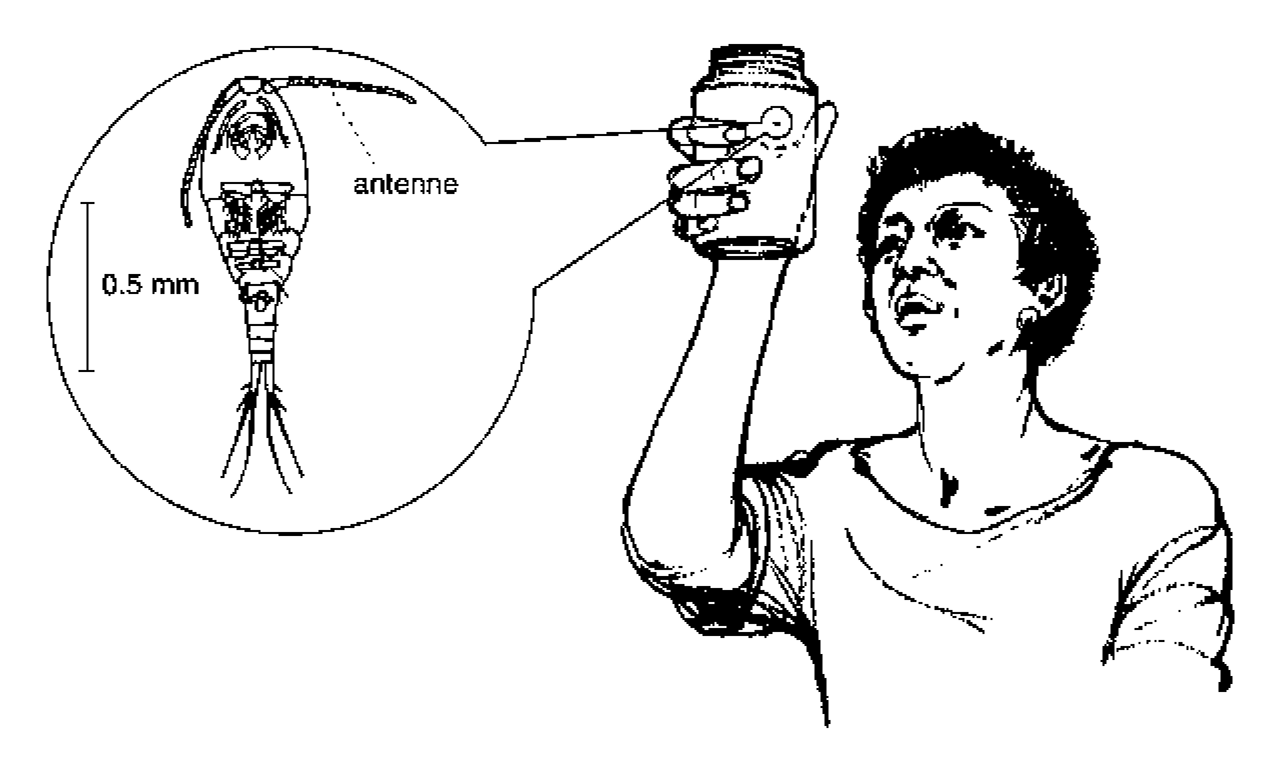


Fig. 7.1 En prélevant l’eau d’une mare avec un bocal, on peut y voir des points minuscules animés de mouvements saccadés. Sur la partie gauche de la figure, un cyclops tel qu’il apparaît au microscope.

WHO 96674

Importance pour la santé publique

Dracunculose

Comme la dracunculose ne sévit que dans les régions pauvres et isolées d’un petit nombre de pays et qu’elle n’est que rarement mortelle, elle a été négligée pendant des années. La lutte contre cette parasitose n’a attiré que depuis peu l’attention de la communauté internationale. Avant que des mesures de lutte systématiques n’aient été prises, on estimait à 10 millions le nombre de personnes porteuses du parasite dans les régions rurales pauvres de l’Afrique subsaharienne, de l’Inde, du Pakistan et du Yémen.

Jusque vers le milieu des années 70, la maladie a été présente en République islamique d’Iran et en Arabie séoudite. A l’heure actuelle, la maladie se cantonne à l’Afrique subsaharienne (Fig. 7.2). En 1994, on en a signalé 164 000 cas en Afrique, dont un tiers au Soudan, où l’extension des activités de surveillance et de lutte n’ont commencé que cette même année. Hors d’Afrique, la maladie a presque disparu: moins de 400 cas ont été signalés en Inde et environ 100 au Yémen en 1994.

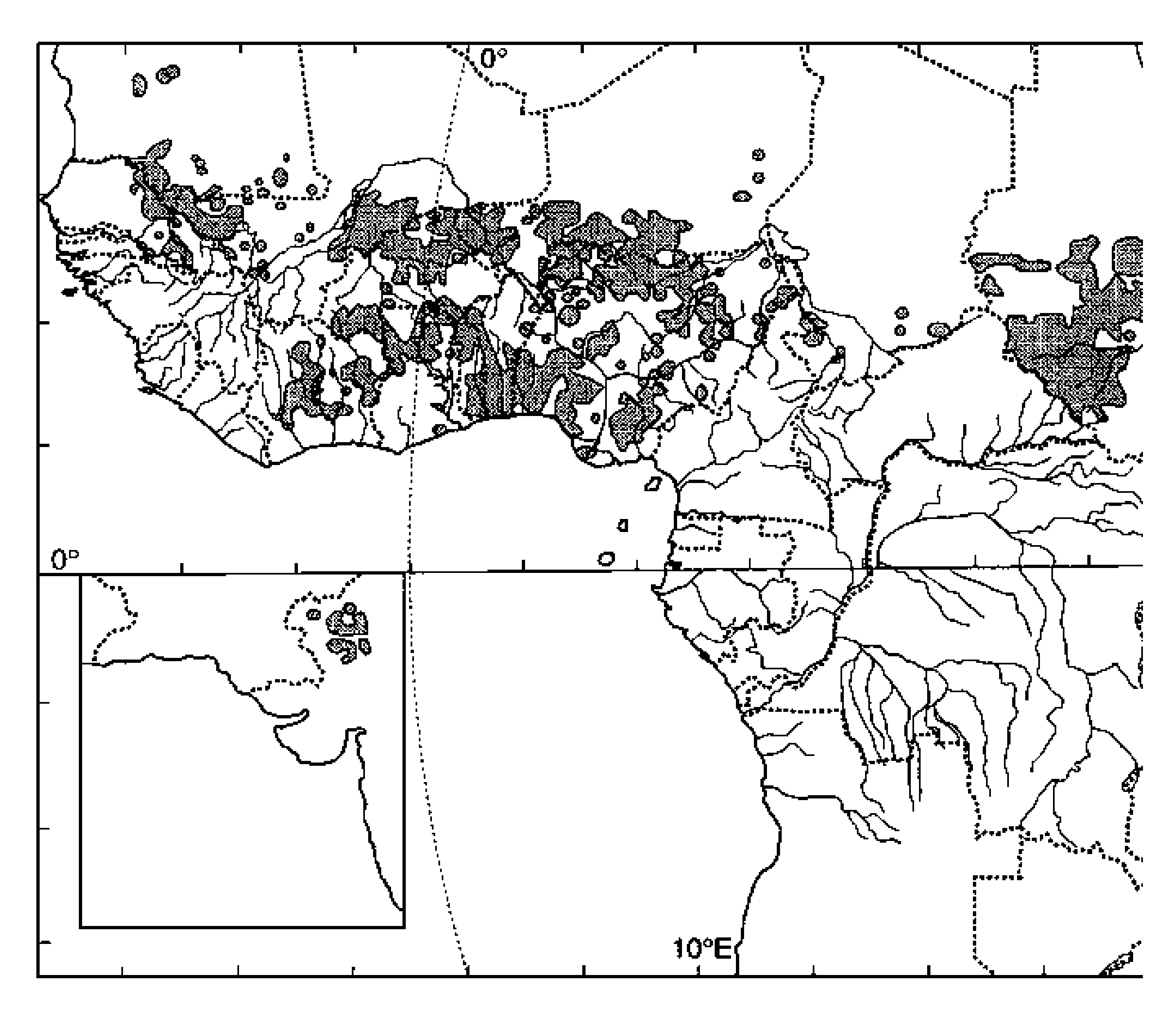


Fig. 7.2 Distribution géographique de la dracunculose. 1995 L'encadré montre la distribution de la maladie en Inde (© OMS).

WHO 96675

Transmission

Les larves du ver de Guinée pénètrent dans le corps lorsque l'on boit de l'eau contenant des cyclops contaminés par des larves infestantes. Une fois dans l'estomac, les cyclops sont digérés et les larves, ainsi libérées, peuvent se déplacer librement. Elles s'efforcent alors de traverser la fine paroi intestinale, après quoi elles gagnent le tissu conjonctif de l'abdomen et du thorax, où elles évoluent vers le stade adulte et s'accouplent au bout de trois mois. Parvenue à maturation, la femelle se dirige vers la surface du corps, en général au niveau des membres inférieurs. Un an environ après le début de l'infection, la femelle est prête à sortir du corps et à se reproduire en libérant jusqu'à trois millions de larves (Figs. 7.3 et 7.4).

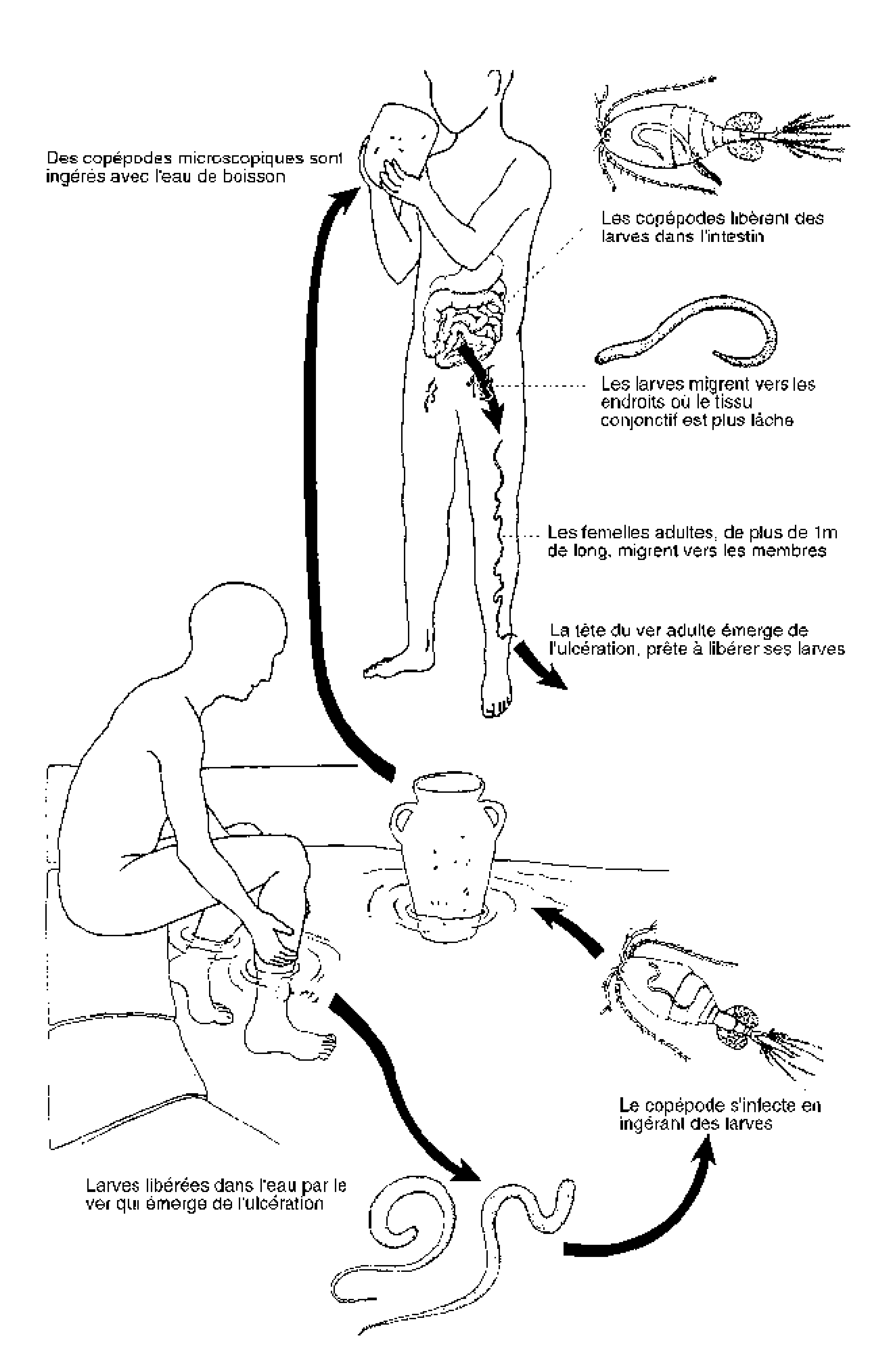

Des copépodes microscopiques sont ingérés avec l'eau de boisson
Les copépodes libèrent des larves dans l'intestin
Les larves migrent vers les endroits où le tissu conjonctif est plus lâche
Les femelles adultes, de plus de 1m de long, migrent vers les membres
La tête du ver adulte émerge de l'ulcération, prête à libérer ses larves
Le copépode s'infecte en ingérant des larves
Larves libérées dans l'eau par le ver qui émerge de l'ulcération

Fig. 7.3 Cycle de développement du ver de Guinée (par Taina Litvak pour le compte du projet VBC de la United States Agency for International Development).

WHO 96677

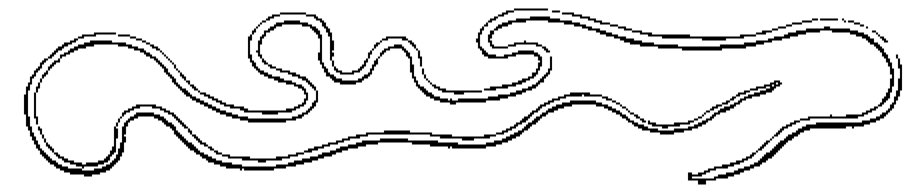


Fig. 7.4 Le ver femelle adulte de *Dracunculus medinensis* est blanc, il a entre 30 et 120 cm de longueur et environ 0,2 cm de largeur (© OMS).

Pour pouvoir sortir, la femelle produit des substances toxiques qui provoquent la rupture de l'épiderme et causent des phyctènes et des ulcérations douloureuses. C'est souvent lorsque la personne infectée pénètre dans l'eau pour remplir son récipient que le ver sort partiellement et commence à libérer ses larves. Chaque fois que cette opération se répète sur une période de 1 à 3 semaines, des centaines de milliers de larves minuscules sont libérées. Ensuite, le ver meurt et il est éliminé du corps en 3 à 8 semaines.

Les larves ainsi libérées ne peuvent pas infecter l'Homme directement. Elles sont capables de rester actives dans l'eau pendant environ trois jours et meurent si elles ne sont pas ingérées par un cyclops. Dans l'organisme du cyclops, les larves se développent en l'espace d'environ deux semaines pour donner un stade larvaire capable

d'infecter l'Homme.

Les cyclops souffrent également de l'infection et ont tendance à tomber au fond de l'eau. C'est pour cette raison que, dans les savanes humides de l'Afrique subsaharienne où le niveau de l'eau est au plus bas pendant la saison sèche, les personnes qui viennent écoper l'eau qui subsiste au fond des mares et des puits, ont toutes les chances de contracter l'infection (Fig. 7.5).

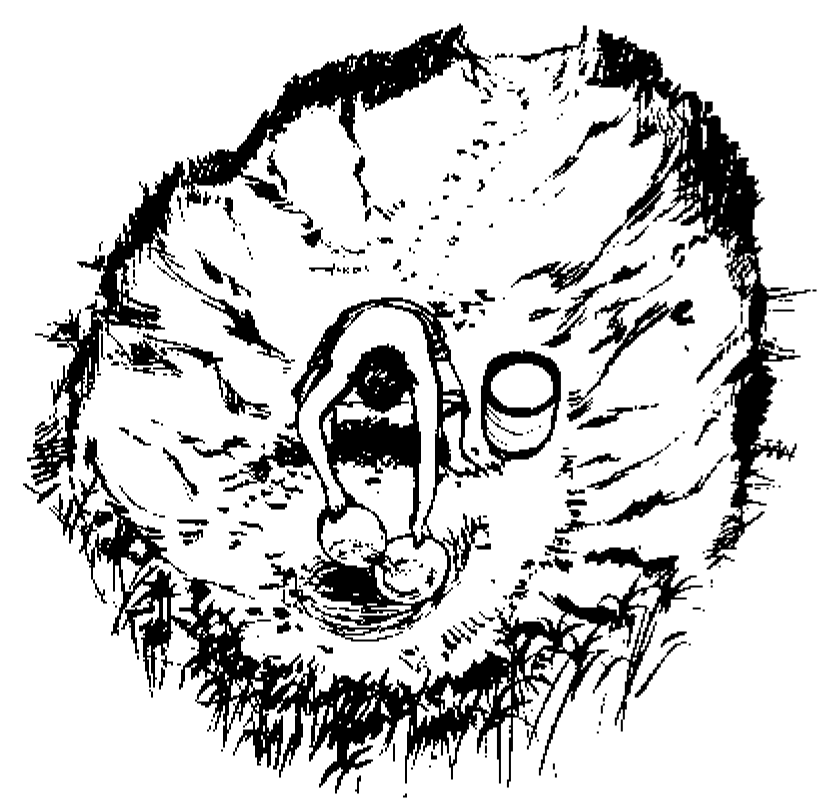


Fig. 7.5 Au cours de la saison sèche, lorsque le niveau de l'eau s'abaisse dans les mares des villages, les cyclops sont concentrés dans une petite quantité d'eau, donc plus faciles à ramasser.

Lieux où il y a risque de contracter l'infection

Le ver de Guinée ne se rencontre que là où la température de l'eau dépasse 19 °C pendant une partie de l'année. Les communautés les plus menacées sont donc celles qui utilisent des mares, des citernes et des puits à escaliers pour s'approvisionner en eau.

Les points d'eau favorables à la transmission de la dracunculose sont donc ceux où:

- des personnes parasitées sont amenées à pénétrer dans l'eau;
- l'eau est stagnante et peuplée de cyclops susceptibles de transmettre le parasite;
- l'eau est régulièrement utilisée pour la boisson.

Les trous d'eau creusés à la main de l'Afrique occidentale, les puits à escaliers de l'Inde et les mares qui subsistent dans le lit asséché des rivières ou les accumulations d'eau temporaires qui se forment dans les champs cultivés de certaines régions, en sont des exemples typiques (Figs. 7.6-7.8).

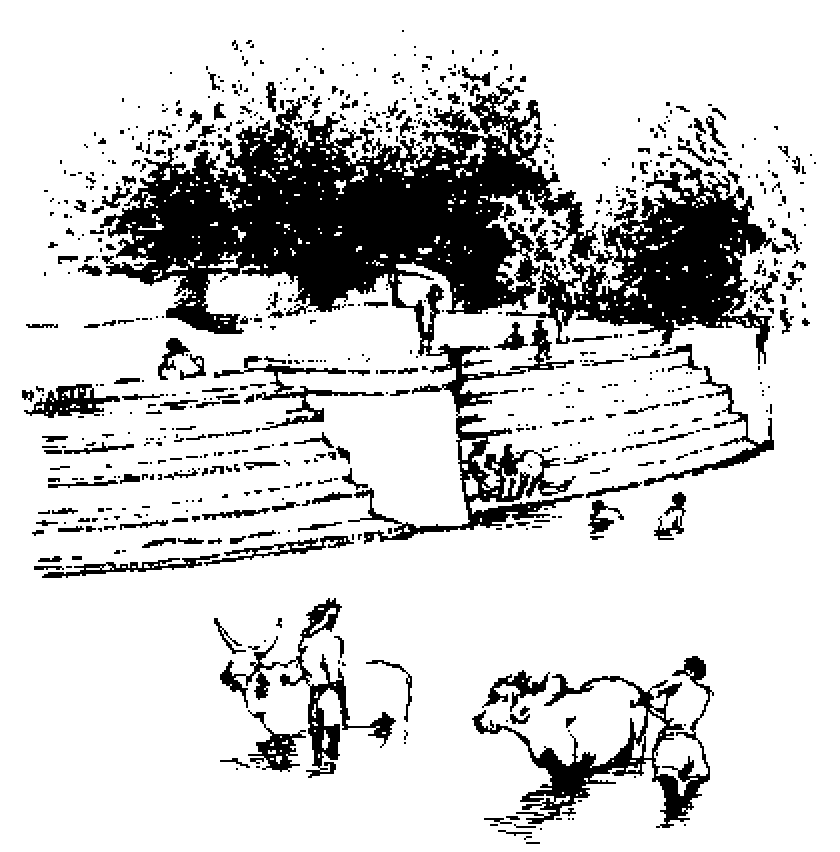


Fig. 7.6 En Inde, les puits à escaliers constituent des lieux de transmission caractéristiques.



Fig. 7.7 Les mares stagnantes qui se forment dans le lit des cours d'eau sont favorables à la reproduction des cyclops et peuvent également donner lieu à la transmission de la dracunculose si l'eau est utilisée pour la boisson.



Fig. 7.8 Les petites mares que l'on a creusées ou les trous d'eau que l'on a excavés pour y recueillir l'eau de pluie sont les lieux de transmission les plus importants du ver de Guinée dans les campagnes d'Afrique.

Fluctuations saisonnières de la transmission

Dans les zones sèches de l'Afrique occidentale au sud du Sahara et dans l'ouest de l'Inde, la transmission culmine au début de la saison des pluies. C'est alors le moment des semailles et les paysans puisent leur eau de boisson dans les mares que la pluie forme au milieu des champs. Lorsqu'à la fin de la saison des pluies les mares s'assèchent, la transmission prend fin.

Dans les savanes de l'Afrique occidentale, plus humides, la transmission se produit principalement pendant la saison sèche. Pendant la saison des pluies, les collections d'eaux superficielles sont si nombreuses que la transmission a moins de chances de se produire. Au cours de la saison sèche, les réserves d'eau potable se limitent à quelques mares où les conditions sont plus favorables à la transmission.

Symptomatologie

Les premiers signes de la dracunculose se manifestent au moment où le ver femelle est prêt à sortir, c'est-à-dire environ un an après la contamination. Un œdème apparaît à l'endroit où le ver va sortir (Fig. 7.9). Le patient ressent une démangeaison et une sensation de brûlure. Une cloque (phlyctène) se forme quelques jours plus tard. Ces signes peuvent s'accompagner de fièvre, de nausées, de vomissements et de diarrhée. Lorsque la cloque est recouverte par l'eau, il y a stimulation de la femelle pour lui faire expulser ses larves sous la forme d'une sérosité blanchâtre que l'on peut quelquefois apercevoir. Le ver est blotti juste sous la peau et son utérus fait lentement saillie par l'orifice de la plaie pour pouvoir libérer les larves qu'il contient. Tout ce processus peut durer 1 à 3 semaines, après quoi le ver meurt. Parfois, le ver ne sort pas et se calcifie. On peut souvent voir et palper les vers calicifiés qui se trouvent sous la peau. On peut également les déceler aux rayons X.

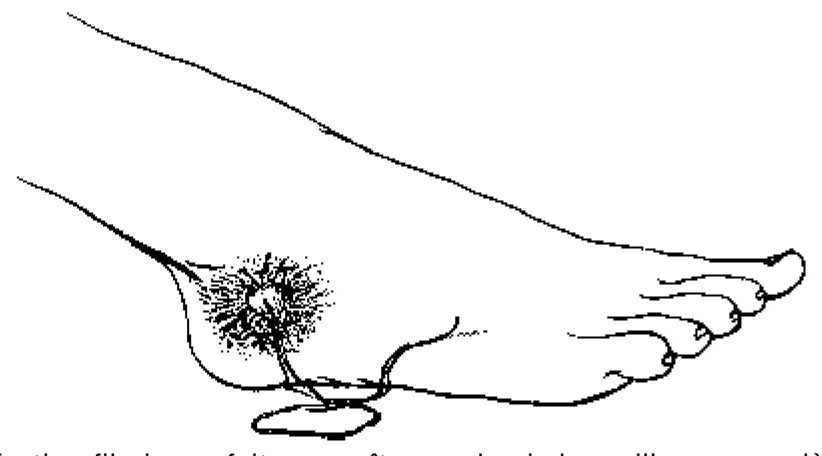


Fig. 7.9 L'infection filarienne fait apparaître sur le pied ou ailleurs un œdème (enflure) qui démange et qui brûle. Au bout de quelques jours il se forme une phlyctène (cloque) et une plaie ouverte. Cette ulcération est la porte de sortie du ver.

Les sujets les plus sérieusement affectés sont ceux chez qui la filaire sort au niveau d'une articulation, le genou par exemple. Dans ce cas, il peut en résulter une arthrite et une boiterie permanente. Lorsque le ver se rompt et libère les larves dans les tissus sous-cutanés, de gros abcès peuvent se former.

Dans environ 90% des cas, le ver se trouve au niveau des membres inférieurs, mais il peut aussi sortir au niveau des mains, du scrotum, des seins, de la langue ou d'autres

régions du corps. En général il ne sort qu'un seul ver, mais on a décrit des cas de personnes portant jusqu'à 30 vers.

Cette parasitose s'accompagne le plus souvent de douleurs intenses et d'une boiterie temporaire, qui peut durer de trois semaines à six mois. La destruction de l'articulation peut provoquer une invalidité définitive. La sortie du ver coïncide habituellement avec la saison des activités agricoles.

Traitement, prévention et lutte

Il n'existe aucune immunité naturelle contre le ver de Guinée et on ne dispose pour l'instant d'aucun vaccin ou médicament qui permette de prévenir ou de traiter efficacement la dracunculose. Devant un patient parasité, le premier souci est de prévenir et de traiter les infections secondaires (abcès, tétanos, septicémie) ainsi que l'arthrite. Le seul traitement connu consiste à extraire la filaire. Il faut procéder très lentement pour éviter la rupture du ver. On ne doit tirer que quelques centimètres par jour. Afin de faciliter l'extraction et de calmer la douleur, on utilise souvent des remèdes locaux ou des plantes médicinales.

Une méthode ancestrale pour éviter que le ver ne se rétracte à l'intérieur, consiste à l'attacher à un fil enroulé autour de la cheville (Fig. 7.10). On peut aussi nouer la partie émergente du ver autour d'une allumette et l'enrouler d'un tour chaque jour jusqu'à extraction complète.

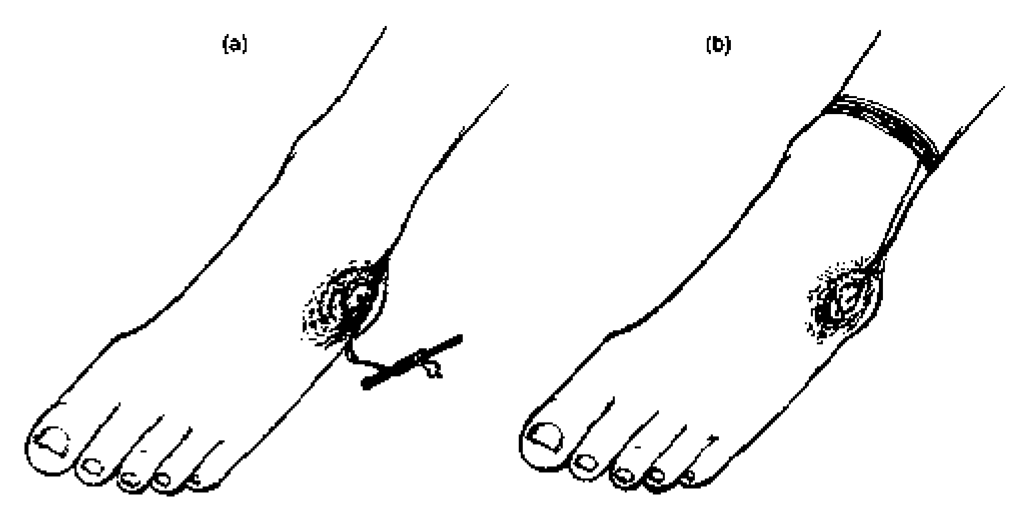


Fig. 7.10 On peut extraire lentement la filaire en l'attachant à un fil ou en l'enroulant autour d'un bâtonnet pour l'empêcher de se rétracter à l'intérieur.

Il faut nettoyer et désinfecter la plaie tous les jours. On la couvrira aussi d'un pansement serré pour éviter que l'ulcération ne s'infecte. Le bandage rappelle également au patient qu'il ne doit pas entrer dans l'eau jusqu'à la hauteur de la plaie et si celui-ci ne prend pas garde et immerge quand même sa plaie, le pansement empêchera les larves de se disperser dans l'eau. En cas d'infection bactérienne sévère, une couverture antibiotique est nécessaire et il faut administrer de l'anatoxine tétanique aux patients porteurs d'une plaie ouverte. On traite quelquefois les inflammations graves par élimination chirurgicale du ver et du pus.

Pour combattre la dracunculose, on peut éliminer les cyclops présents dans la source d'eau, éviter d'en avaler en buvant et veiller à ce que des personnes parasitées ne viennent pas contaminer les points d'eau.

Eradication de la dracunculose

En raison de la nature de son cycle de développement, le parasite est très sensible à de faibles variations de son environnement et il n'est pas irréaliste d'espérer l'éradiquer complètement. Des mesures simples et peu coûteuses permettent d'interrompre la transmission. Il suffit d'empêcher toute nouvelle infection pendant une année seulement pour faire disparaître complètement la maladie. L'Organisation mondiale de la Santé, de concert avec d'autres organismes internationaux ainsi que les pouvoirs publics de la plupart des pays, s'efforcent de l'éradiquer (*2*, *3*). A cet égard, l'éducation sanitaire et l'organisation de programmes d'éradication basés sur la participation active des communautés, jouent un rôle essentiel. Il est facile d'obtenir l'appui des villageois, étant donné que la maladie s'impose comme une évidence à la fois douloureuse et incapacitante. Après une éducation sanitaire approfondie, on pourrait compléter les programmes d'éradication par une formation des villageois consistant à leur apprendre à panser une plaie, à filtrer l'eau avant de la boire et à mettre en œuvre des mesures simples d'aménagement de leur environnement, par exemple le comblement et le drainage des mares.

A l'occasion de tout projet agricole ou éducatif envisagé dans une zone d'endémicité filarienne, il faudrait ne pas oublier de rappeler aux intéressés que l'eau de boisson doit être filtrée et que les personnes parasitées ne doivent pas aller dans l'eau quand le ver est près de sortir. Cette simple mesure devrait permettre d'améliorer sensiblement le résultat de ces projets, tant en ce qui concerne la production vivrière que la fréquentation scolaire. Pour ce qui est des projets d'approvisionnement en eau en milieu rural, il faudrait donner la priorité aux villages où la dracunculose est endémique.

Mesures de lutte

Pour prévenir et combattre efficacement la dracunculose, il faut assurer l'éducation des membres de la communauté.

Eviter que les patients n'entrent en contact avec l'eau

Les personnes qui sont porteuses d'une filaire prête à sortir ne doivent mettre aucune partie de leur corps en contact avec de l'eau destinée à la boisson.

Assurer la sécurité de l'approvisionnement en eau

La communauté pourra envisager de doter ses points d'eau de pompes, d'installer un réseau d'adduction sous canalisations ou encore de doter ses puits d'une margelle en béton pour éviter que l'eau de ruissellement ne retourne aux puits (Fig. 7.11).

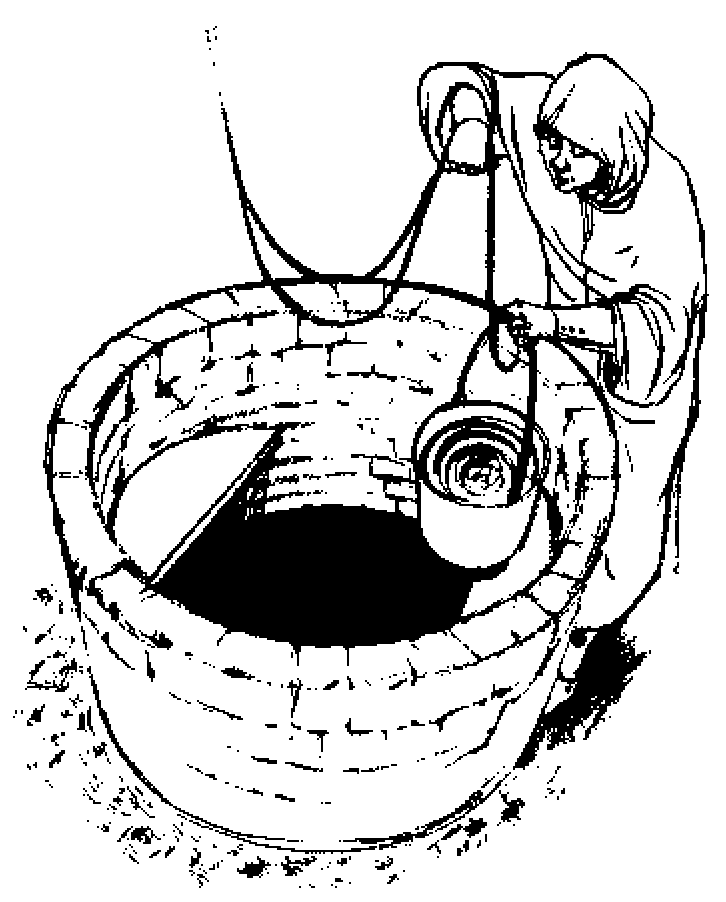


Fig. 7. 11 Puits doté d'une margelle: c'est une source d'eau potable qui offre toute sécurité.

Filtration de l'eau de boisson

La filtration de l'eau de boisson est une méthode très pratique, qui peut être utilisée partout où sévit la dracunculose (Fig. 7.12) (*4-6*). On peut par exemple utiliser une cotonnade à tissage serré (maille de 0,15 mm) que l'on trouve sur tous les marchés, pour filtrer l'eau de boisson. Il est cependant à noter que ce genre de filtre se colmate rapidement si l'eau est boueuse et il vaudra mieux utiliser dans ce cas un matériau filtrant monofilamentaire. Il faut absolument veiller à ce que le filtre ait toujours la même orientation, c'est-à-dire que la même face soit toujours tournée vers le haut, sans quoi les cyclops et les saletés qui se sont pris dans le filtre vont repasser dans l'eau. Pour s'en souvenir, on peut superposer deux cotonnades de couleur différente ou encore faire une marque sur une des faces du filtre.

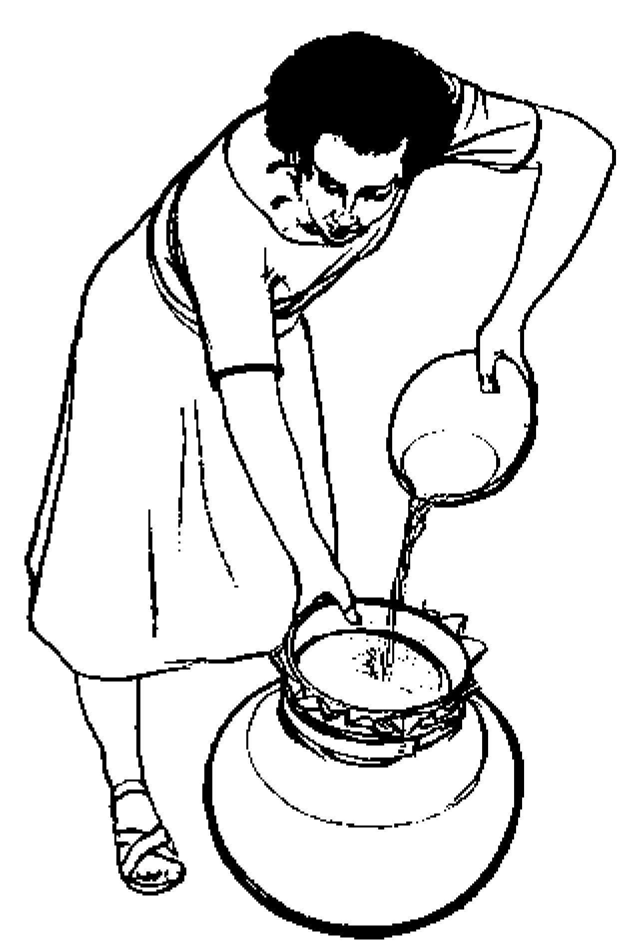


Fig. 7. 12 On peut éliminer les cyclops de l'eau destinée à la boisson en la filtrant sur un morceau de gaze.

Matériaux utilisables pour confectionner des filtres

Toile de coton

En filtrant l'eau sur une toile de coton à mailles de moins de 0,15 mm, on peut retenir tous les cyclops qu'elle est susceptible de contenir (Fig. 7.13). Cependant, s'il y a des particules d'argile dans l'eau, celles-ci vont rester captives des fibres de coton et vite colmater le filtre; il est difficile ensuite de s'en débarasser.

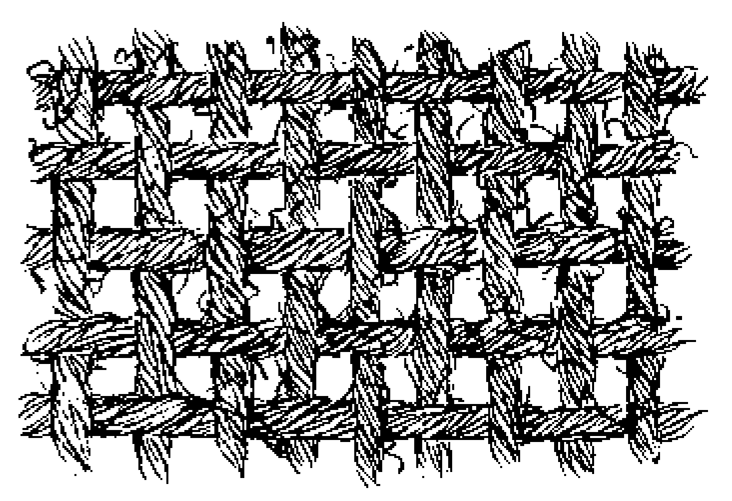


Fig. 7.13 Un fragment de toile de coton vu au microscope. Les fils sont constitués d'un grand nombre de petits filaments qui retiennent les particules d'argile.

Gaze synthétique

La gaze monofilamentaire à mailles de 0,15 mm convient pour filtrer une eau limoneuse (Figs. 7.14 et 7.15). Elle ne se colmate pas et elle est facile à nettoyer.

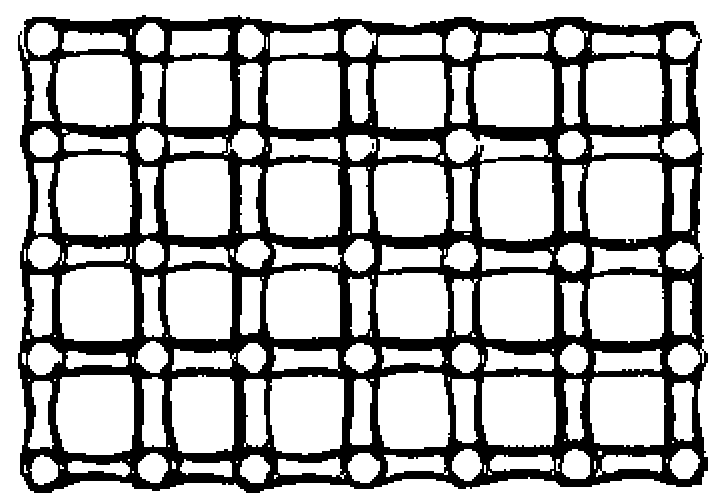


Fig. 7.14 Un fragment de gaze filtrante synthétique vu au microscope. Les particules en suspension ne colmatent pas ce matériau filtrant facile à nettoyer.

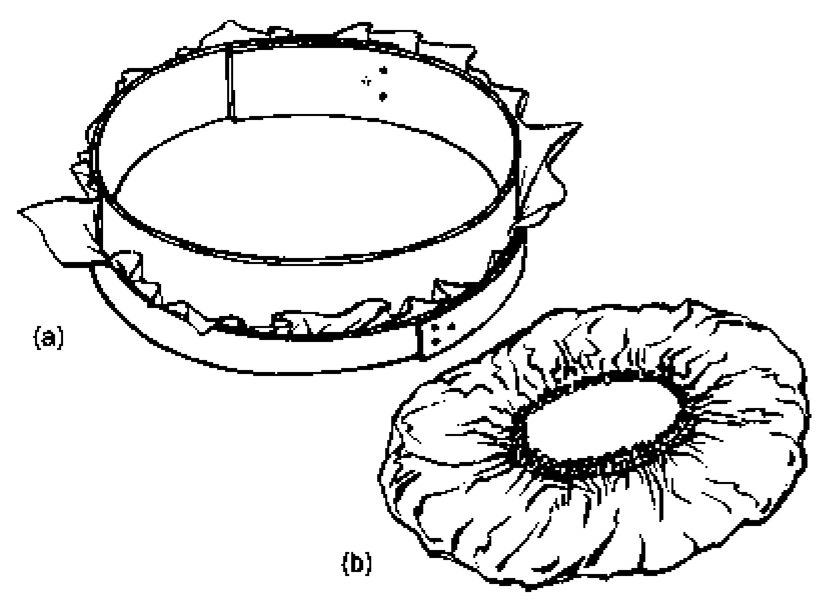


Fig. 7.15 Modèles de filtres appropriés: a) pièce de gaze d'environ 30 × 30 cm fixée sur un cadre confectionné avec de l'écorce souple prise sur un arbre du lieu; b) pièce de gaze circulaire munie d'une ganse contenant un élastique; on peut ainsi facilement ajuster le filtre à l'ouverture du récipient.

Lutte chimique

On peut se débarrasser des cyclops en traitant les sources d'eau avec du téméphos, un insecticide qui ne rend pas l'eau impropre à la consommation s'il est utilisé à la dose voulue (*7*). Toutefois, ce traitement coûte cher et il faut du personnel qualifié pour calculer le volume de la source d'eau à traiter, préparer les solutions insecticides à la dose voulue etc... On le réserve donc en général aux petites collections d'eau dans le cadre de programmes d'éradication spécialisés.

Traitement

La formulation d'usage courant la plus efficace est le concentré émulsionnable à 50%, que l'on épand à raison de 2 ml par mètre cube d'eau. Il faut évaluer le volume d'eau que la mare représente et verser dans un seau la quantité voulue de téméphos pour préparer l'émulsion à la bonne dose en veillant à ajouter suffisamment d'eau pour pouvoir traiter toute la superficie de la mare (Fig. 7.16).



Fig. 7.16 Epandage d'une solution de téméphos à la surface d'une mare pour détruire les cyclops.

Il faut effectuer le traitement insecticide juste avant que ne commence la saison de transmission. On pourra être amené à répéter l'opération toutes les 4 à 6 semaines au cours de la saison de transmission.

Utilisation d'eau bouillie pour la boisson

Faire bouillir l'eau destinée à la boisson constitue une méthode simple et efficace pour tuer les cyclops. Cependant, cela prend du temps et il faut disposer de bois de feu (qui peut être rare) ainsi que d'un récipient qui aille au feu.

Bibliographie

1. Chippeaux J-P. *La dracuculose en savane arborée au Bénin*. Paris, Université de Paris, 1991 (Thèse).

2. Hopkins DR, Ruiz-Tiben E. Dracunculiasis eradication: target 1995. *American Journal of tropical medicine and hygiene*, 1990, 43: 296-300.

3. WHA 44.5. In: *Recueil de résolutions et de décisions de l'Assemblée mondiale de la Santé et du Conseil exécutif, Volume III, 1985-1992*, 3éme éd. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1993: 109-110.

4. Sullivan JJ, Long EG. Synthetic-fibre filters for preventing dracunculiasis: 100 versus 200 micrometres pore size. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1988, 82: 465-466.

5. Duke BL. Un filtre barre la route au ver de Guinée. *Santé du Monde*, 1984, mars: 29.

6. Adeniyi JD et al. *Acceptability and use of monofilament nylon filters in a guinea-worm endemic area in western Nigeria: an intervention study*. Genève, Programme spécial Banque mondial/OMS/PNUD de Recherche et de Formation concernant les Maladies tropicales, 1991 (document non publié TDR/SER/PRS/8; disponible sur demande au Programme spécial de Recherche et de Formation concernant les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

7. Sastry SC et al. Abate - its value as a cyclopicide. *Journal of tropical medicine and hygiene*, 1978, 81: 156-158.

Chapitre 8. Gastéropodes d'eau douce

Hôtes intermédiaires des schistosomes et des trématodes qui sont à l'origine de parasitoses alimentaires

De nombreuses espèces de gastéropodes d'eau douce appartenant à la famille des planorbes sont les hôtes intermédiaires de larves de distomes (trématodes) du genre *Schistosoma*; extêmement infestantes, elles provoquent en Afrique, en Asie et dans les Amériques, une parasitose appelée schistosomiase ou encore bilharziose. C'est une parasitose très répandue et bien qu'elle ne détermine qu'une mortalité relativement faible, elle constitue une affection très débilitante pour des millions de malades. Elle sévit dans les régions où les gastéropodes qui sont les hôtes intermédiaires du parasite, habitent des eaux polluées par les excréments de sujets contaminés. La bilharziose se transmet par des contacts répétés avec des eaux douces lors d'activités telles que pêche, agriculture, natation, lavage, toilette, ou loisirs divers. Dans certaines zones, les projets de développement des ressources en eau, et plus particulièrement les projets d'irrigation, peuvent contribuer à introduire ou à propager la schistosomiase.

Les gastéropodes sont considérés comme les hôtes intermédiaires du parasite car si l'Homme en héberge les stades sexués, c'est chez les gastéropodes que se développent les stades asexués. En contaminant son environnement, l'Homme joue le rôle de vecteur. L'infection se transmet sans qu'il y ait contact entre les gastéropodes et l'Homme.

Les gastéropodes d'eau douce sont également les hôtes d'autres trématoses humaines ou animales dues notamment à des douves et qui peuvent siéger au niveau du foie, des poumons et des intestins.

Biologie

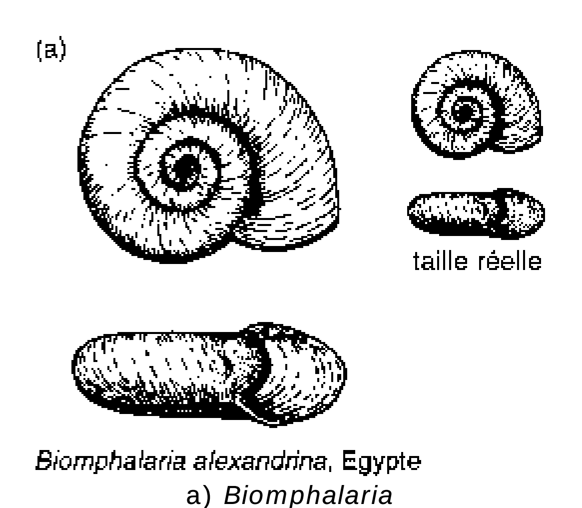
On pense qu'il existe environ 350 espèces de gastéropodes d'importance médicale ou vétérinaire. La plupart des hôtes intermédiaires des schisostomes qui parasitent l'Homme appartiennent aux genres *Biomphalaria, Bulinus et Oncomelania*. On peut identifier les espèces en cause d'après la forme de leur coquille. Il existe des clés taxonomiques régionales d'utilisation simple pour la reconnaissance de la plupart d'entre elles. Les gastéropodes se divisent en deux grands groupes: les gastéropodes aquatiques qui vivent dans l'eau et ne peuvent pas, en règle générale, survivre dans un autre environnement (*Biomphalaria* et *Bulinus*), et les gastéropodes amphibies, qui sont adaptés à la vie subaquatique aussi bien que terrestre (*Oncomelania*). En Afrique et dans les Amériques, ce sont des gastéropodes du genre *Biomphalaria* qui servent d'hôtes intermédiaires à *S. mansoni* (Fig. 8.1). En Afrique et en Méditerranée orientale,

les hôtes intermédiaires de *S. haematobium* sont des bulins et il en va de même pour *S. intercalatum* en Afrique. En Asie du sud-est, ce sont des espèces du genre *Oncomelania* qui servent d'hôtes intermédiaires à *S. japonicum*, des gastéropodes du genre *Tricula* jouant le même rôle pour *S. mekongi*. Parmi tous ces gastéropodes qui hébergent temporairement des trématodes, on peut citer en particulier les lymnées (genre *Lymnaea*) dont l'importance tient au fait qu'elles servent d'hôtes intermédiaire à la douve du foie. Les lymnées peuvent être aquatiques ou amphibies (Fig. 8.2).

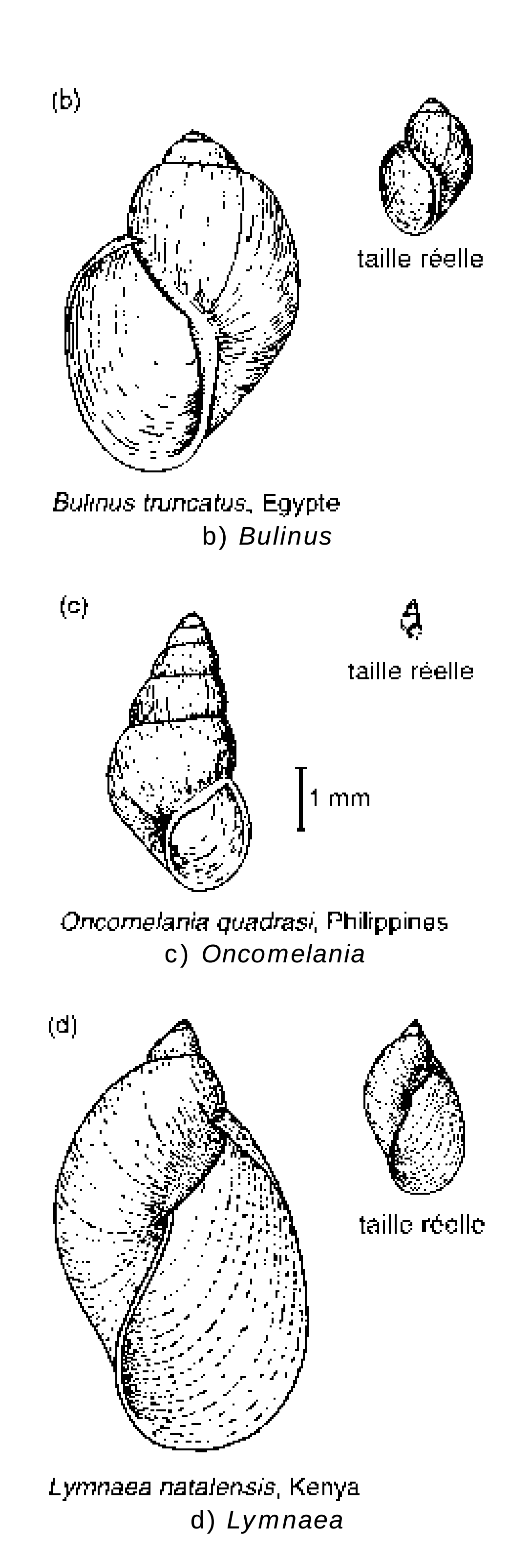


Fig. 8.1 Gastéropode du genre *Biomphalaria* (tiré du *Manuel Bayer de lutte contre les nuisibles*, 1987 reproduction autorisée).

Fig. 8.2 Coquilles de gastéropodes appartenant à des genres importants sur le plan médical (© OMS).



a) *Biomphalaria*



b) *Bulinus*

c) *Oncomelania*

d) *Lymnaea*

Cycle de développement

Toutes les espèces de bulins et de *Biomphalaria* sont hermaphrodites, c'est-à-dire qu'elles possèdent à la fois des organes mâles et femelles et sont donc capables de s'autoféconder et de se croiser. Un seul spécimen est capable d'envahir et de peupler tout un biotope.

Les œufs sont pondus de manière intermittente, par paquets de 5 à 40, chaque paquet étant pris dans une masse gélatineuse. L'éclosion se produit au bout de 6 à 8 jours et le gastéropode parvient à maturité en 4 à 7 semaines, selon l'espèce et les conditions extérieures. La température et les sources de nourritures comptent parmi les facteurs limitants les plus importants. Un gastéropode pond jusqu'à 1000 œufs au cours de son existence, dont la durée peut dépasser une année.

Chez les gastéropodes amphibies du genre *Oncomelania*, qui peuvent vivre plusieurs années, les sexes sont séparés. La femelle pond ses œufs un à un près du bord.

Ecologie

Les gastéropodes occupent des biotopes constitués d'étendues d'eau de pratiquement toute nature, depuis les petites mares temporaires et les ruisseaux jusqu'aux fleuves et aux grands lacs. Dans chacun de ces biotopes, les gastéropodes peuvent se rencontrer par places et il faut bien examiner les différents sites lorsqu'on les recherche. De plus, leur densité varie notablement avec la saison. En général, les gastéropodes aquatiques qui hébergent des schistosomes vivent au voisinage des berges des lacs, des étangs, des marais, des ruisseaux et des canaux d'irrigation où les eaux sont peu profondes. Ils séjournent sur les plantes aquatiques ou dans la vase, pleine de matières organiques en décomposition. On peut également les trouver sur des rochers, des pierres ou des structures de béton recouvertes d'algues ou encore sur des débris de nature variée. Ils vivent le plus souvent dans des eaux qui abondent en plantes aquatiques ou qui sont modérément polluées par des matières organiques telles que de l'urine ou des fèces, comme c'est fréquemment le cas à proximité des habitations humaines. Les plantes servent de source de nourriture et de support pour la ponte; en outre, elles assurent une protection contre les courants trop rapides et contre divers prédateurs comme les poissons et les oiseaux.

La plupart des espèces de gastéropodes aquatiques meurent si elles viennent à être entraînées sur les berges au cours de la saison sèche. Certaines d'entre elles parviennent néanmoins à survivre plusieurs mois à la dessication en s'enterrant dans la vase et en obturant l'orifice de leur coquille à l'aide d'un bouchon de mucus. La plupart des espèces peuvent survivre hors de l'eau pendant de courtes périodes.

Les températures comprises entre 22 et 26 °C sont généralement optimales pour la reproduction, mais pour les bulins du Ghana et autres zones de forte chaleur, l'intervalle de température est plus étendu. Les gastéropodes survivent sans peine à des températures comprises entre 10 et 35 °C. On n'en trouve pas dans les eaux salées ou acides.

Dans la plupart des régions, les variations saisonnières des précipitations, du niveau des eaux et de la température entraînent des fluctuations marquées dans la densité des populations de gastéropodes et le taux de transmission. Dans le Sahel africain, les réservoirs qui contiennent une certaine quantité d'eau plusieurs mois durant, peuvent constituer des sites de transmission intensive de la schistosomiase urinaire pendant une période limitée, car les bulins survivants les recolonisent rapidement dès le retour des pluies.

Les gastéropodes du genre *Oncomelania* peuvent survivre aux périodes de sécheresse car ils possèdent un opercule qui leur permet d'obturer l'orifice de la coquille. Dans la zone tempérée, ils sont capables de survivre 2 à 4 mois, mais beaucoup moins

longtemps sous les tropiques. Ils sont amphibies et peuplent des zones humides: rizières mal labourées, cours d'eau paresseux, canaux secondaires ou tertiaires de réseaux d'irrigation, marécages et caniveaux. Sur tous ces sites, la végétation joue un rôle important en maintenant une température et une humidité convenables. Ils se nourrissent à peu près des mêmes choses que leurs congénères terrestres, en y ajoutant la partie des plantes qui émerge de l'eau.

Importance pour la santé publique

Schistosomiase

La schistosomiase ou bilharziose est l'une des parasitoses humaines les plus répandues, et seul le paludisme obère davantage les régions tropicales et subtropicales par ses effets sur la situation socio-économique et la santé publique. C'est également la maladie d'origine hydrique la plus fréquente et elle constitue l'un des risques sanitaires majeurs dans les zones rurales des pays en développement.

En 1996, elle était endémique dans 74 pays tropicaux et l'on estime que plus de 200 millions de personnes vivant en zone rurale ou agricole étaient porteuses du parasite. On pense qu'à la même époque, entre 500 et 600 millions de personnes étaient exposées au risque d'infection.

Etant une affection qui touche principalement le monde rural et même certaines professions, la schistosomiase frappe surtout ceux qui ne peuvent éviter d'avoir des contacts avec de l'eau contaminée, soit pour des raisons professionnelles (cultivateurs, pêcheurs), soit parce qu'ils ne disposent pas d'une autre source d'eau saine, pour se désaltérer, laver leur linge ou faire leur toilette. Les jeunes de 10 à 15 ans, peu résistants et qui jouent ou nagent très souvent dans des eaux contaminées, sont de tous, les plus fortement infectés. Les mouvements de population, de plus en plus nombreux, favorisent la propagation de la maladie et la schistosomiase connaît désormais une fréquence accrue dans les zones périurbaines.

La plupart des habitants des zones d'endémie ne présentent que des infections légères et asymptomatiques, mais les effets sur l'économie nationale et la santé de la population n'en sont pas moins sérieux. Dans de nombreuses régions (nord-est du Brésil, Egypte, Soudan), la capacité de travail de la population rurale est fortement réduite par suite de la faiblesse et de la léthargie qu'entraîne la maladie.

Principales formes et répartition géographique des schistosomes

Les principales formes de la schistosomiase humaine sont dues à cinq espèces de parasites. En 1996, la schistosomiase intestinale due à *Schistosoma mansoni* était signalée dans 52 pays d'Afrique, de la Méditerranée orientale, de la Caraïbe et d'Amérique du Sud. A la même époque, les formes intestinales orientale et asiatique dues à *S. japonicum* et *S. mekongi* étaient observées dans divers pays d'Asie. Par ailleurs, on signalait la présence, dans dix pays d'Afrique centrale, d'une autre forme intestinale due à *S. intercalatum*. La forme urinaire (vésicale) due à *S. haematobium* s'observait dans 54 pays d'Afrique et de la Méditerranée orientale (Figs. 8.3 et 8.4).

Fig. 3.8 Répartition de la schistosomiase à *Schistosoma mansoni* et à *S. intercalatum* dans le monde, 1993 (© OMS).

WHO 92720

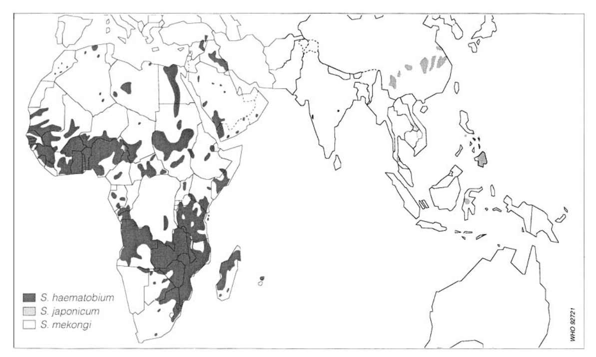


Fig. 3.9 Répartition de la schistosomiase à *Schistosoma haematobium*, à *S. japonicum* et à *S. mekongi* dans le monde, 1993 (© OMS).

WHO 92721

Cycle de développement et transmission

Lorsqu'ils pénètrent dans l'eau, les œufs excrétés par une personne infectée libèrent une larve minuscule, le miracidium, qui se déplace vivement dans l'eau grâce aux fins cils vibratiles dont son corps est couvert. Le miracidium survit environ 8 à 12 heures, pendant lesquelles il doit trouver un gastéropode d'eau douce qui lui convienne et pénétrer dans son organisme pour continuer à se développer (Figs. 8.5 et 8.6).

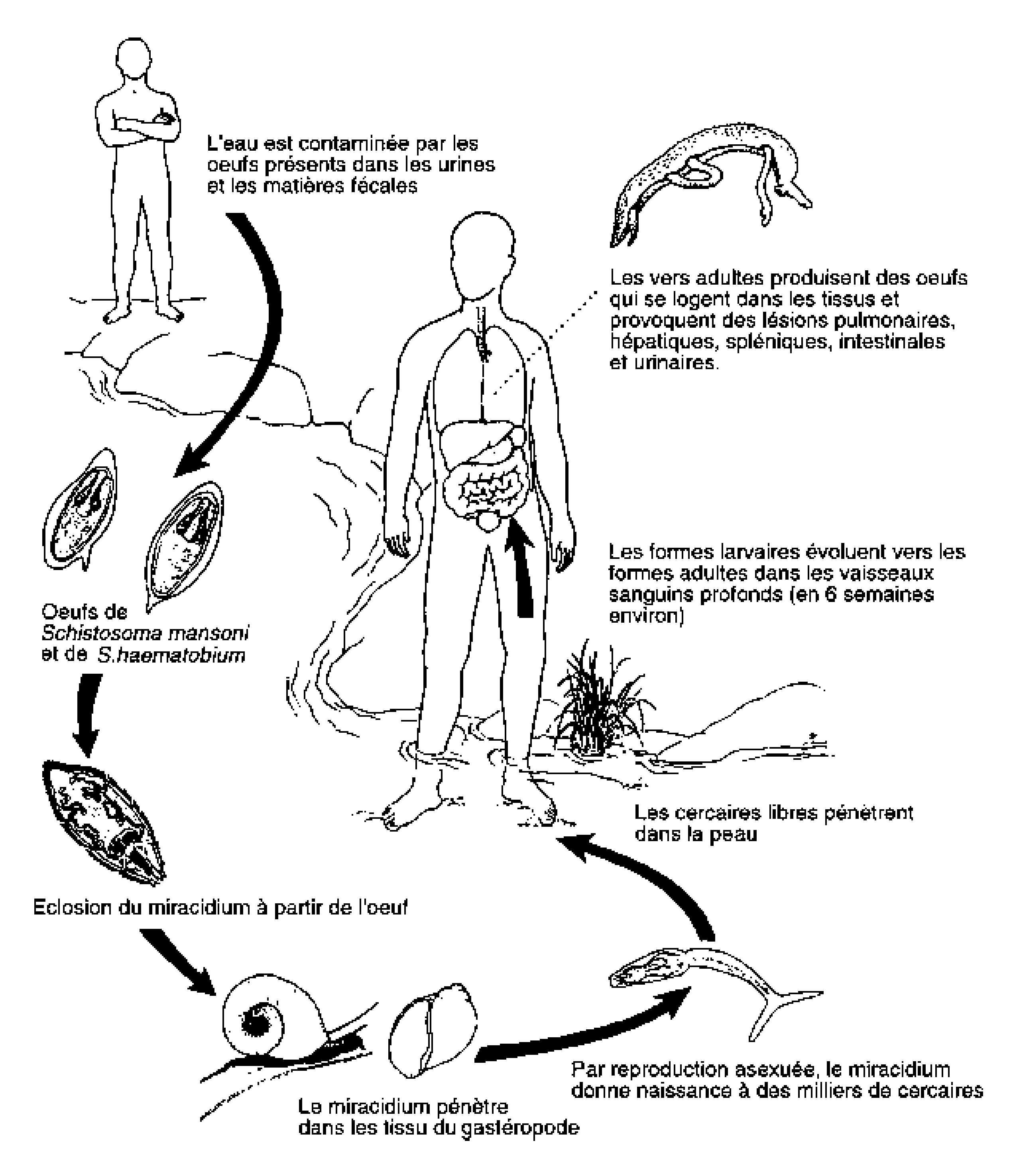


Fig. 8.5 Cycle de développement des schistosomes (par Taina Litwak pour le compte du projet VBC de l'United States Agency for International Development).

WHO 96691

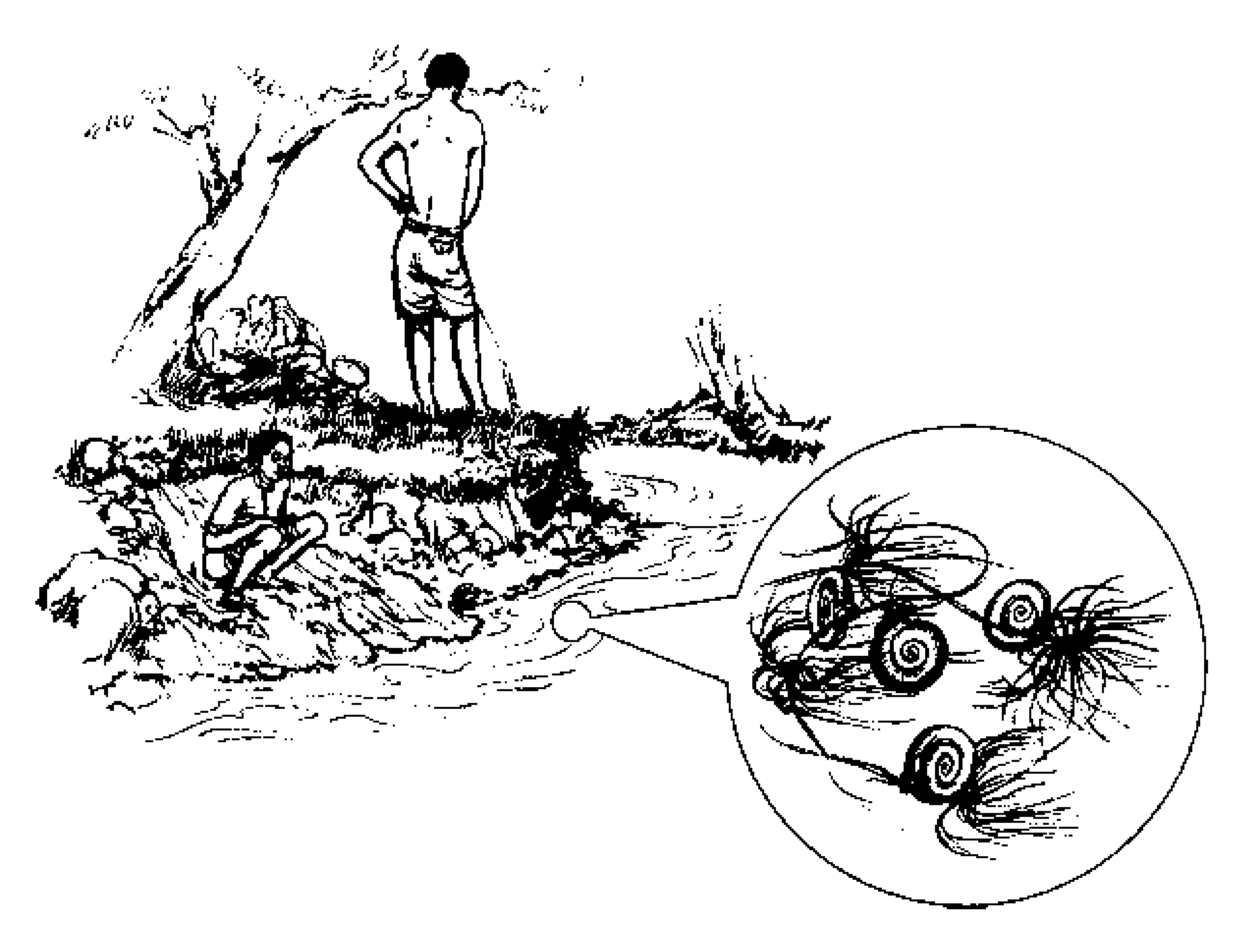


Fig. 8.6 Transmission des schistosomes. Les œufs pénètrent dans l'eau lorsqu'une personne contaminée y urine ou défèque sur la berge. Pour se développer et venir ensuite contaminer un sujet humain, les formes infestantes du parasite ont besoin d'un gastéropode d'eau douce qui leur convienne.

Une fois à l'intérieur du gastéropode, le miracidium se reproduit un grand nombre de fois par voie asexuée, jusqu'à ce que des milliers de formes nouvelles, les cercaires, émergent du mollusque pour gagner l'environnement aquatique. Selon l'espèce de gastéropode et de parasite, cette phase du développement peut prendre 3 semaines sous les climats chauds et de 4 à 7 semaines, voire davantage, dans d'autres régions. Les cercaires, qui sont des formes larvaires à queue bifurquée, peuvent vivre 48h hors du gastéropode. Au cours de cette période, il leur faut trouver un hôte humain afin de poursuivre leur développement.

En pénétrant dans la peau, la cercaire perd sa queue. Au bout de 48h, elle a complètement traversé la peau pour gagner les vaisseaux sanguins. Ce processus provoque parfois des démangeaisons, mais la plupart des gens ne s'en rendent pas compte.

En l'espace de sept semaines, le jeune parasite, parvenu à maturité, se transforme en ver adulte, mâle ou femelle. Seules les femelles fécondées produisent des œufs. Mâle et femelle restent liés l'un à l'autre pendant toute leur existence, qui dure en moyenne moins de cinq ans, mais qui peut atteindre 20 ans. La femelle, dont le corps est plus

grêle, est retenue en permanence dans un sillon situé à la partie antérieure du corps du mâle. Une fois les œufs pondus, le cycle recommence.

Dans la schistosomiase intestinale, les vers se fixent aux vaisseaux sanguins qui tapissent la paroi intestinale; dans la schistosomiase urinaire, ils colonisent les vaisseaux de la vessie.

Environ la moitié des œufs quittent le corps par la voie fécale (schistosomiase intestinale) ou urinaire (schistosomiase urinaire); les autres restent dans le corps de la personne infectée où ils provoquent des lésions dans divers organes.

Signes cliniques

Les œufs qui ne sont pas évacués par la voie urinaire ou fécale restent implantés dans les tissus et ils y déterminent un certain nombre de symptômes qui dépendent de leur nombre et de leur localisation.

Dans la schistosomiase urinaire à *S. haematobium*, les œufs provoquent des lésions des voies urinaires dont la conséquence est l'hématurie, c'est-à-dire l'apparition de sang dans les urines. La miction devient douloureuse et les lésions progressent peu à peu au niveau de la vessie, des uretères et des reins. Lorsque la maladie est avancée, le cancer de la vessie n'est pas rare.

La schistosomiase intestinale à *S. mansoni*, *S. japonicum ou S. mekongi* évolue plus lentement. Il y a hypertrophie progressive du foie et de la rate (Fig. 8.7) et une atteinte intestinale, conséquence de la fibrose tissulaire qui se produit tout autour des œufs présents dans la paroi ainsi que de l'hypertension portale. Du sang apparaît dans les selles par suite des hémorragies qui se produisent à répétition au niveau des vaisseaux du système porte et dont l'issue peut être fatale. L'infection à *S. intercalatum* est à localisation recto-sigmoïdienne.

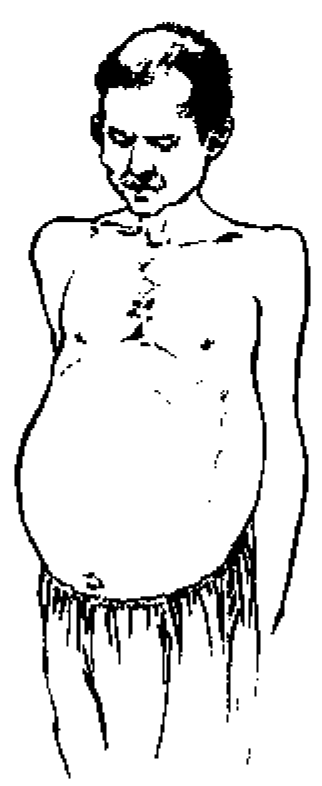


Fig. 8.7 Une hypertrophie hépato-splénique (foie et rate) peut s'observer en cas de schistosomiase intestinale non traitée.

Dermatite des nageurs

Des cercaires qui, normalement, parasitent les oiseaux peuvent également traverser l'épiderme humain. Lorsque les larves présentes dans la peau meurent, il se produit une réaction allergique connue sous le nom de dermatite des nageurs. Elle s'observe dans de nombreuses régions tempérées du globe, chez des personnes qui se baignent dans des eaux douces, saumâtres ou salées souillées par les déjections d'oiseaux aquatiques et où vivent des gastéropodes susceptibles d'héberger les parasites.

Diagnostic

Les techniques modernes permettant de déceler la présence d'œufs de schistosomes par examen microscopique sont simples et peu coûteuses. Il existe une technique simple de filtration à la seringue (avec du papier-filtre ou des filtres de nylon ou de polycarbonate) que l'on peut recommander pour le diagnostic quantitatif de la schistosomiase urinaire. On peut ainsi procéder à la numération des œufs à un rythme pouvant atteindre 130 échantillons à l'heure.

En utilisant cette technique de numération sur des échantillons provenant d'enfants du Ghana, du Kenya, du Libéria, du Niger, de la République Unie de Tanzanie et de Zambie, des chercheurs ont observé que les sujets ayant plus de 50 œufs de *S. haematobium* pour 10 ml d'urine avaient souvent du sang dans leurs urines (hématurie). Il s'agit là d'un signe d'atteinte vésicale qui peut être utilisé par les agents de soins de santé primaires pour identifier les enfants qu'il est nécessaire de

traiter. La sédimentation des urines est également une méthode simple et efficace pour mettre en évidence les œufs de schisostomes.

Le diagnostic de la schistosomiase intestinale par comptage des œufs dans des échantillons de selles a également été simplifié. On fait passer un petit échantillon de selles à travers un tamis en nylon ou en acier pour éliminer les débris volumineux et on le recouvre d'une feuille de cellophane trempée dans le glycérol (technique de Kato) ou on le place entre deux lames de verre; l'examen est ensuite effectué au microscope par un opérateur dûment formé.

Traitement

Tout le monde peut contracter la schistosomiase, mais les enfants sont plus exposés que les adultes à se réinfecter après avoir été traités.

Les recherches sur un éventuel vaccin suscitent beaucoup d'intérêt mais les perspectives de succès sont encore lointaines.

Il existe trois médicaments efficaces et sans danger que l'on peut donner par la voie buccale pour traiter la schistosomiase. Il s'agit du praziquantel, de l'oxamniquine et du métrifonate qui figurent tous les trois dans la Liste modèle OMS des médicaments essentiels (*1*). Le praziquantel est efficace en dose unique contre toutes les formes de la maladie. Des infections schistosomiennes qui jusqu'ici conduisaient à des lésions irréversibles peuvent désormais être traitées avec succès par ce médicament.

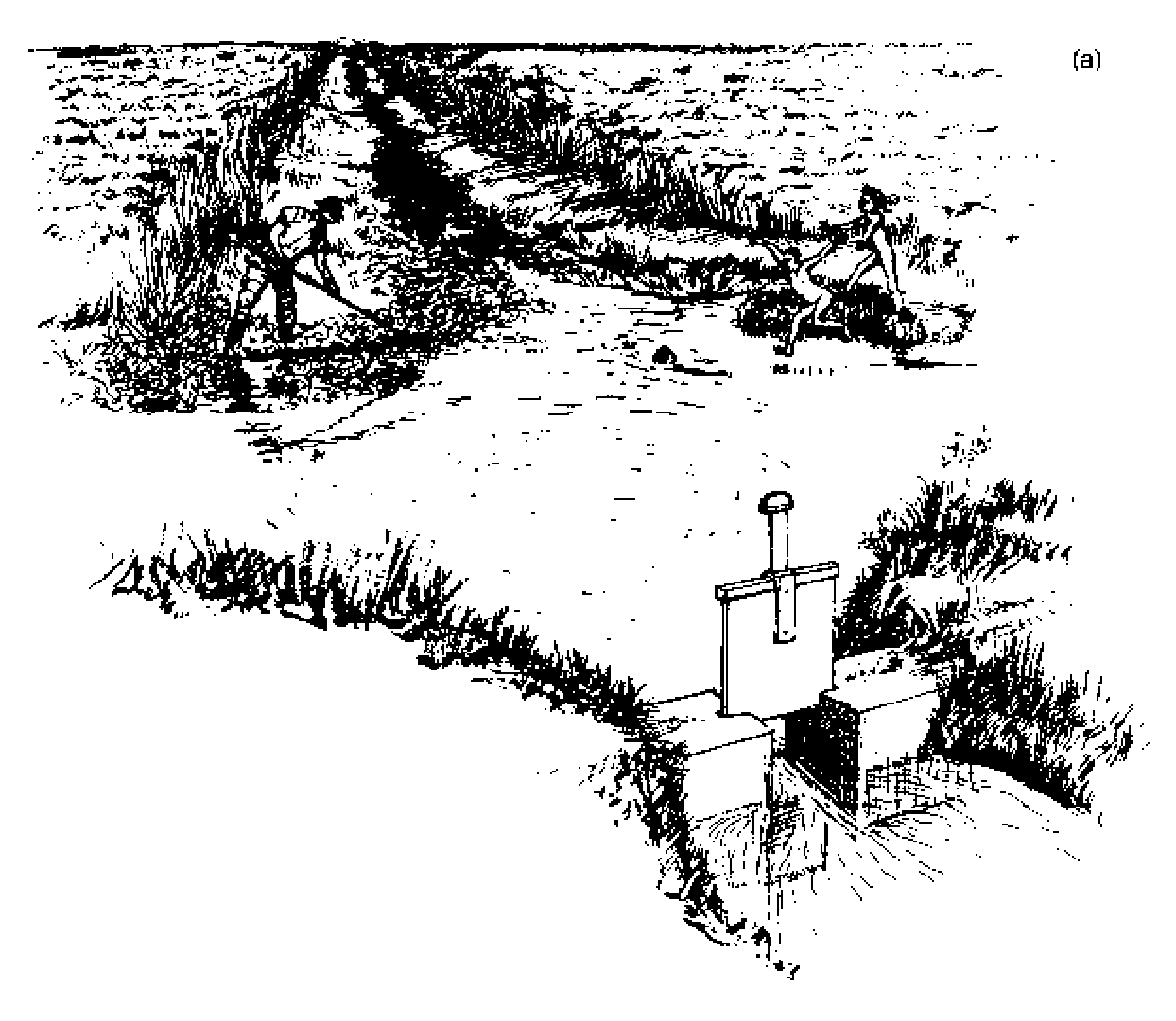
L'oxamniquine est réservée au traitement de la schistosomiase intestinale en Afrique et en Amérique du Sud, mais *S. mansoni* est moins sensible à ce médicament en Afrique qu'en Amérique du Sud. Le métrifonate, mis au point à l'origine pour servir d'insecticide, s'est révélé être un produit efficace et sans danger pour le traitement de la forme urinaire.

Nombre de médecins ont exprimé la crainte que la réinfection n'ôte rapidement tout intérêt au traitement, mais ce point de vue s'est révélé trop pessimiste. En identifiant rapidement les malades et en les traitant sans délai, on peut immédiatement réduire la contamination de l'environnement par les œufs des parasites. Dans certaines zones, la réduction du nombre de cas ainsi obtenue peut se maintenir pendant un an et demi sans autre intervention, mais il est vrai aussi que là où la transmission se poursuit, certains groupes d'âge (les écoliers) peuvent se réinfester en 4 à 6 mois. Toutefois, même en cas de réinfection, on peut observer une réduction prolongée de la morbidité car celle-ci est en général imputable à des infections au long cours avec une forte charge parasitaire.

Prévention et lutte

On peut en principe se prémunir contre l'infection (lors d'un voyage, par exemple) en évitant tout contact avec de l'eau contaminée. Encore faut-il être bien averti de la nature du risque et savoir quelles étendues d'eau sont susceptibles d'être peuplées de gastéropodes contaminés (Fig. 8.8). Lorsqu'on vit dans une zone d'endémie, il est souvent impossible de n'avoir aucun contact avec l'eau (par exemple dans le cas des cultivateurs travaillant dans des secteurs irrigués ou des pêcheurs) ou d'empêcher quiconque d'en avoir (les enfants, par exemple).

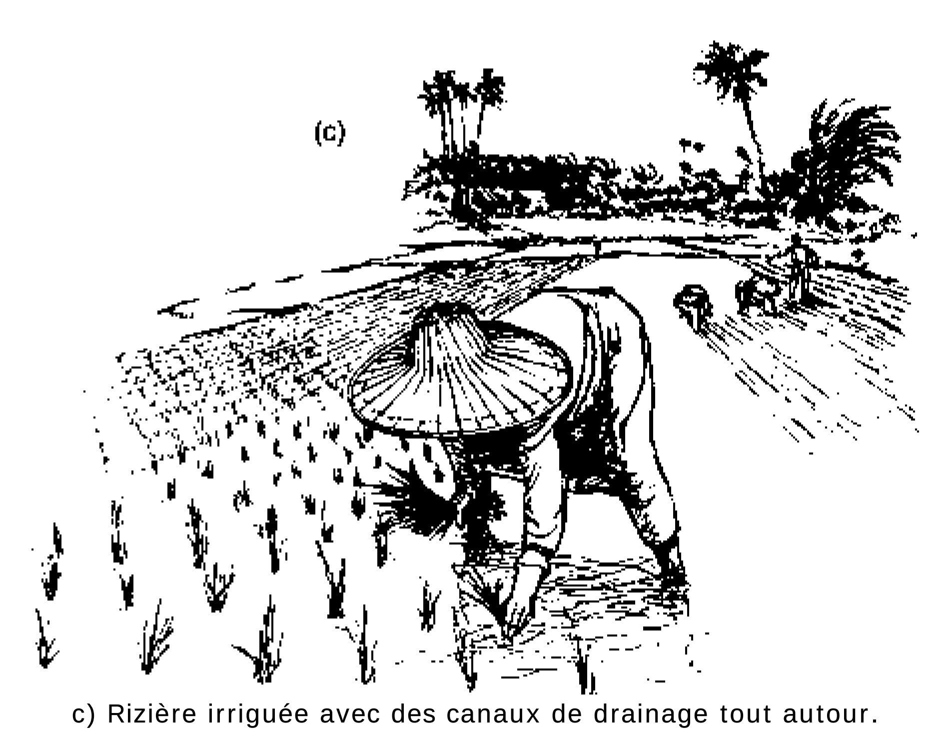
Fig. 8.8 Sites de transmission caractéristiques.



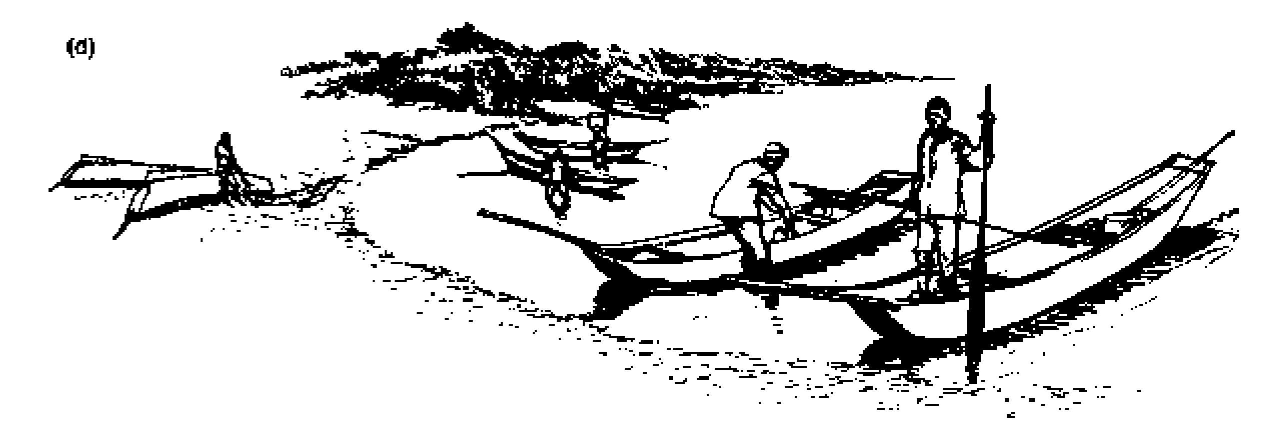
a) Canal de drainage.



b) Berge d'un cours d'eau.



c) Rizière irriguée avec des canaux de drainage tout autour.



d) Rives de lacs artificiels ou naturels en Afrique.

On peut combattre la maladie dans les foyers de transmission dont on a connaissance en ayant recours à un ensemble de mesures: un dépistage plus efficace et un meilleur traitement des malades, l'amélioration de l'assainissement pour permettre une évacuation hygiénique des excreta humains, la fourniture d'eau potable, la réduction des contacts avec les eaux contaminées et la destruction des gastéropodes.

Là où la prévalence de la schistosomiase est faible à modérée et où les services de santé fonctionnent bien, il se peut qu'un meilleur dépistage des malades et un traitement plus efficace soient le meilleur moyen de combattre la maladie.[1]

[1] Dans les zones de l'Asie du sud-est et du Pacifique occidental où sévit la schistosomiase à *S. japonicum*, les mesures de lutte doivent comporter le traitement des personnes contaminées et des animaux domestiques car chiens, chats, porcs, buffles d'Asie, chevaux ou bovins peuvent être tout aussi bien parasités que les animaux sauvages. Quand ils sont contaminés, les rongeurs sauvages peuvent perpétuer la transmission.

Dans les zones de forte endémicité, des campagnes antischistosomiennes spéciales comportant la destruction des gastéropodes peuvent venir compléter utilement et économiquement les autres mesures (*2*).

Des améliorations durables sont envisageables; elles sont fondées sur un approvisionnement en eau saine et sur la mise à niveau de l'assainissement et des mesures d'hygiène. Pour que la collectivité comprenne la nécessité d'utiliser convenablement et d'entretenir les installations sanitaires et les sources d'approvisionnement en eau, il est essentiel de prévoir un programme d'éducation pour la santé.

La lutte contre la schistosomiase dans le cadre des projets de développement et d'exploitation des ressources en eau

Les parasitologues sont préoccupés par le nombre croissant de projets de développement et d'exploitation des ressources en eau, projets qui, par ailleurs, jouent un rôle essentiel dans l'expansion de l'agriculture et de l'industrie des pays en développement. Les retenues d'eau de toutes dimensions, qu'il s'agisse de lacs artificiels ou de réseaux d'irrigation, constituent d'excellents biotopes pour les

gastéropodes d'eau douce et fournissent aux populations humaines des occasions fréquentes de contact.

La schistosomiase et les autres maladies transmises par l'eau, qu'elles soient amenées ou simplement propagées par les projets d'aménagement des ressources hydrauliques, peuvent avoir de graves répercussions sur l'économie (pertes de journées de travail, coût du traitement) et sur la qualité de vie, sans compter les retards dans l'achèvement des travaux si les ouvriers des chantiers et les membres de la population locale tombent malades. Il est néanmoins possible de prévoir des mesures de lutte dès le stade de planification d'un projet d'exploitation des ressources en eau. En organisant dans toute la région en cause l'examen et le traitement éventuel de la population, des employés de l'entreprise en charge du chantier et des membres de leur famille, sans oublier d'éventuelles populations migrantes, on peut espérer réduire le risque de voir la schistosomiase prendre les proportions d'un problème majeur de santé publique. Une bonne gestion des ressources hydriques, complétée le cas échéant par des épandages périodiques de molluscicides, peut contribuer à limiter la prolifération des gastéropodes. Plus les possibilités de transmission sont faibles au départ, moins la maladie aura de chances de prendre des proportions importantes.

Trématodoses d'origine alimentaire (3)

En 1993, on comptait au moins 40 millions de personnes, résidant pour la plupart en Asie du sud-est et dans le Pacifique occidental, porteuses de trématodoses non schistosomiennes (distomatoses). La distomatose à grande douve, encore appelée fasciolase ou distomatose hépatique est une parasitose due à l'invasion du foie par *Fasciola hepatica* ou *F. gigantica*. Elle sévit un peu partout dans le monde. D'autres douves asiatiques sont susceptibles de provoquer des affections hépatiques (opisthorchiases); il s'agit notamment de *Clonorchis sinensis*, d'*Opisthorchis viverrini et* d'*O. felineus.* Il existe également en Asie, en Afrique occidentale et en Amérique du sud (Equateur et Pérou notamment) des distomatoses pulmonaires dues à des douves du genre *Paragonimus*. Des distomatoses intestinales dues à *Fasciolopsis buski* et à de nombreuses autres espèces de douves sévissent également dans plusieurs pays d'Asie.

Tous les trématodes qui parasitent l'Homme sont des vers plats en forme de feuille, dont la taille varie de 1 à 30 mm, voire à 75 mm dans le cas de *Fasciolopsis.* Les vers adultes pondent des œufs qui sont excrétés dans la bile, les expectorations ou les matières fécales. Lorsqu'ils entrent en contact avec l'eau, les œufs éclosent en donnant naissance à des larves qui vont pénétrer dans les gastéropodes qui leur servent d'hôtes intermédiaires (*Fasciola*, *Paragonimus*) ou sont d'abord ingérés par les gastéropodes dans l'organisme desquels ils éclosent ensuite (*Clonorchis*, *Opisthorchis*). Chaque parasite a besoin d'un gastéropode particulier pour se développer. Les cercaires sortent de l'organisme du gastéropode parasité et nagent dans l'eau à la recherche d'un deuxième hôte spécifique (ou substrat) dans lequel elles vont s'enkyster. Ce deuxième hôte sert souvent à l'alimentation humaine: par ex. cresson, poissons ou crustacés.

Des mesures de prévention et de lutte sont possibles, qu'il s'agisse de mesures de salubrité alimentaire proprement dites (cuisson suffisante et lavage minutieux du poisson, de la viande et des légumes) ou de mesures prises plus en amont qui consistent notamment à éviter le contact avec les déjections humaines. On a ainsi constaté que la fertilisation des bassins piscicoles avec des gadoues non traitées, telle qu'elle est pratiquée en Chine, était une cause importante de distomatoses dues à

Clonorchis et autres douves. En recueillant les gadoues dans des résevoirs où elles subissent un traitement préalable qui permet de détruire les œufs et autres agents pathogènes, on peut réduire ces parasitoses de façon sensible (*4*). Les mesures de lutte contre les gastéropodes ne sont pas économiques.

Le praziquantel est le produit de choix pour traiter toutes les trématodoses humaines d'origine alimentaire sauf la fasciolase. On trouvera ci-après une description relativement détaillée de *Fasciola hepatica*, car elle est à l'origine d'une parasitose largement répandue et dont l'importance est assez grande.

Fasciola hepatica

Cette douve est répandue dans le monde entier et elle est à l'origine d'importantes pertes économiques dans les élevages. C'est un parasite courant des ruminants et notamment des ovins, des caprins et des bovins (buffles en particulier), mais elle peut aussi infester de nombreuses autres espèces domestiques ainsi que nombre d'animaux sauvages. Elle est moins répandue chez l'Homme que chez l'animal. On estime qu'entre 1970 et 1993, il y a peut-être eu un peu plus de 300000 cas cliniques de distomatose hépatique dans quelque 40 pays d'Europe, d'Amérique, d'Asie, d'Afrique et du Pacifique occidental. Cette douve a 2 à 3 cm de longueur, 0,8 à 1,3 cm de largeur; elle est plate et affecte la forme d'une feuille.

Cycle de développement et transmission

Le ver adulte vit dans les canalicules biliaires et elle y pond ses œufs. Ceux-ci passent ensuite dans les intestins et sont excrétés dans les matières fécales. Ils peuvent rester viables plus de neuf mois dans les matières fécales humides. La larve ou miracidium va éclore au bout d'environ deux semaines après pénétration des œufs dans l'eau. Elle pénètre ensuite dans l'organisme d'un gastéropodes pour produire un grand nombre de cercaires capables de nager jusqu'à ce qu'elles trouvent une plante aquatique où s'enkyster, du cresson par exemple.

Lorsque ces kystes sont ingérés par un hôte humain ou animal, ils libèrent des métacercaires dans le duodénum. Les métacercaires traversent la paroi intestinale et gagnent le foie en empruntant le système lymphatique ou en rampant dans le péritoine. Elles y demeurent 2 à 3 mois. Une fois parvenues à maturité, elles viennent s'établir dans les canaux biliaires. Chez l'Homme, leur longévité peut dépasser 10 ans. L'Homme se contamine en consommant de la salade infestée de kystes, du foie cru ou mal cuit ou en buvant de l'eau polluée.

Signes cliniques

L'invasion du foie est difficile à diagnostiquer car les symptômes sont variables et peuvent évoquer d'autres maladies. L'inflammation chronique des voies biliaires constitue un signe majeur. Cette inflammation peut se compliquer d'une hémorragie. Les personnes ayant récemment consommé du foie cru ou mal cuit peuvent présenter une pharyngite, plus facile à diagnostiquer.

Diagnostic

On peut mettre en évidence les œufs de *Fasciola hepatica* par examen des selles au microscope (voir p. 377).

Traitement et prévention

Il existe une possibilité de traitement par le bithionol. La mise sur le marché du triclabendazole a été autorisée en Egypte et l'homologation de ce produit est envisagée par les autorités de contrôle pharmaceutique de plusieurs pays. Il est possible de se prémunir contre une infestation en ne buvant que de l'eau bouillie ou filtrée et en évitant de consommer du foie cru ou insuffisamment cuit ou de manger des légumes sans les laver. La destruction des gastéropodes n'est pas rentable.

Mesures de lutte

Outre le dépistage des cas et le traitement des malades dans les centres de santé de base, il faut prendre des mesures pour réduire ou interrompre la transmission de la schistosomiase. La mesure la plus économique dans la plupart des régions consiste à assurer un approvisionnement en eau pure. L'éducation sanitaire de la population est également essentielle pour que la communauté accepte de participer à la construction des installations nécessaires et de s'en servir.

Eviter d'entrer en contact avec des eaux infestées de gastéropodes

Il faut fournir de l'eau pour la boisson, la toilette et la lessive. Lorsqu'un village est doté d'un bon système de distribution d'eau avec des pompes, des canalisations ou des puits, les habitants sont moins tentés de se rendre à la rivière ou à l'étang (Fig. 8.9).

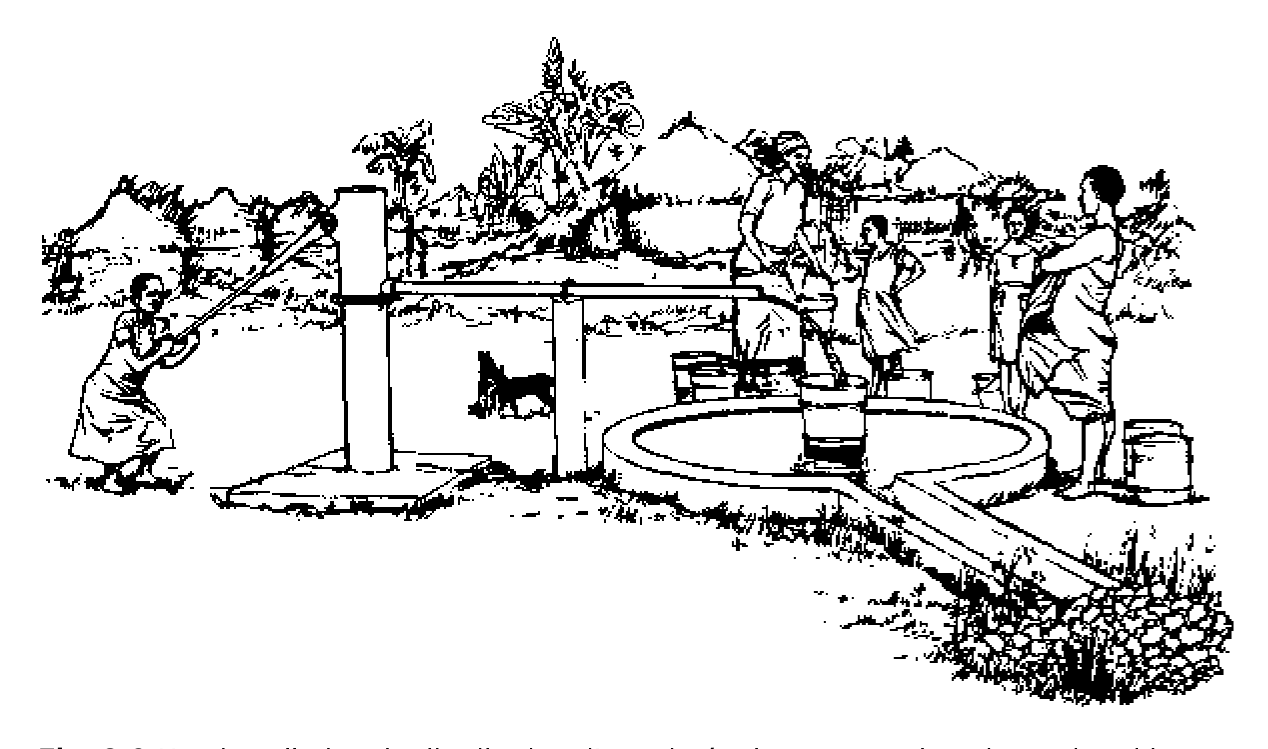


Fig. 8.9 Une installation de distribution d'eau dotée de pompes, de puits et de robinets incite la population à rester à l'écart des étendues d'eau contaminées.

Les autorités sanitaires doivent renseigner la population sur la salubrité des différentes étendues d'eau. Il faut éviter de nager, de patauger, de faire sa lessive ou sa toilette dans des eaux suspectes d'être infestées de gastéropodes. Quoi qu'il en soit, étant donné que l'on ne peut pas toujours disposer de renseignements détaillés, il est préférable de considérer toutes les étendues d'eau douce des régions d'endémie comme des sites potentiels de transmission.

Pour les ouvriers agricoles qui sont constamment exposés au risque d'infestation, le moyen le plus pratique de lutter contre la maladie est de se faire examiner et traiter périodiquement.

Améliorer l'assainissement

Il faut éviter de déféquer ou d'uriner dans ou à proximité des étendues d'eau afin de contaminer le moins possible les gastéropodes dont elles constituent l'habitat. On aura également soin de construire des latrines ou des toilettes et on apprendra aux enfants à s'en servir (Fig. 8.10) (pour davantage de détails sur les latrines, voir le Chapitre 1).



Fig. 8.10 L'utilisation de latrines à fosse évite la transmission de la schistosomiase.

Détruire les gastéropodes

Maintenant que l'on dispose de nouveaux médicaments moins nocifs pour le traitement de la schistosomiase et que, dans bien des régions, l'approvisionnement en eau et l'assainissement se sont améliorés, la destruction des gastéropodes n'est peut-être plus autant à l'ordre du jour comme moyen de combattre la maladie. Elle demeure néanmoins une mesure de lutte importante et efficace, notamment là où la transmission est assez intense, du fait des enfants qui ont l'habitude de jouer dans l'eau. Il ne semble pas que l'on puisse faire cesser ces contacts avec l'eau par

l’éducation sanitaire et un approvisionnement en eau pure. Quoi qu’il en soit, avant de procéder à une campagne de destruction des gastéropodes, encore faut-il s’assurer, par des prélèvements, que les étendues d’eau en cause en contiennent effectivement.

On peut décimer les populations de gastéropodes, soit indirectement en réduisant la superficie de leurs biotopes, soit directement en les capturant. Si ces mesures se révèlent insuffisantes pour les éliminer, on pourra envisager de recourir à des poisons chimiques (molluscicides).

Seules des personnes techniquement qualifiées sont habilitées à prendre et à exécuter ce genre de décision.

Les molluscicides ont été jusqu’ici et demeurent la méthode la plus importante de destruction des populations de gastéropodes. C’est contre les espèces aquatiques appartenant aux genres *Bulinus* et *Biomphalaria* qu’ils sont le plus efficaces. En revanche, ils le sont moins contre les espèces amphibies du genre *Oncomelania* qui transmettent *S. japonicum*. Dans ce cas, il est généralement plus économique d’agir sur l’environnement.

La lutte contre les gastéropodes peut être confiée à des équipes spéciales ou au personnel des centres de soins de santé primaires, moyennant une petite formation à l’épidémiologie et à la lutte antischistosomienne. Là où les sites de transmission sont bien connus, peu nombreux et facilement accessibles, la communauté peut également jouer un rôle actif dans la lutte contre les gastéropodes.

Aménagement de l’environnement

On peut aménager l’environnement par drainage, comblement ou encore en cimentant les parois des canaux. Ce sont des techniques généralement coûteuses mais qui ont l’avantage d’avoir des effets durables.

Réduction des habitats de gastéropodes

Les gastéropodes ont besoin de végétation pour se nourrir, s’abriter et pondre leurs œufs. En désherbant les fossés et les canaux d’irrigation on peut donc réduire leur nombre. Toutefois pour procéder à cette opération manuellement, il faut pénétrer dans l’eau, ce qui n’est pas sans danger, alors que d’un autre côté le désherbage mécanique coûte fort cher. Le nettoyage des canaux est également un moyen de lutter contre d’autres maladies, comme le paludisme et peut améliorer le rendement du réseau d’irrigation. Cette méthode a toutefois l’inconvénient de nécessiter des interventions à répétition. Si l’on dispose de ressources suffisantes, on pourra cimenter les canaux pour éviter ou réduire la pousse des végétaux. On peut aussi enlever les plantes aquatiques qui encombrent les lieux de baignade des enfants ou ceux qui sont réservés à la lessive et au lavage de la vaisselle. Dans certaines conditions, on peut envisager l’introduction de la carpe de Chine, *Ctenopharyngodon idella*, qui permet de détruire les herbes aquatiques par voie biologique (voir le Chapitre 1).

Modification du niveau et du débit des eaux

Lorsque le volume des eaux ne constitue pas un facteur limitant, l’élévation et l’abaissement de leur niveau ainsi que l’augmentation de leur débit peuvent perturber

les biotopes des gastéropodes et leurs sources de nourriture. Un drainage rapide et total permet de rendre la végétation moins abondante et provoque une dessication mortelle pour les mollusques. C'est une méthode qui peut être intéressante dans les secteurs où l'on pratique l'irrigation des cultures.

Elimination des lieux de ponte

Les trous d'emprunt, les mares et les étangs de petite dimension sans utilité particulière, peuvent être drainés ou comblés s'ils se révèlent constituer d'importants sites de transmission de la schistosomiase.

Capture et destruction

On peut draguer les canaux et les cours d'eau en général pour capturer les gastéropodes et les écraser ensuite ou les laisser mourir par dessication. C'est ce qui se produit dans les zones irriguées d'Egypte et du Soudan, où il s'agit d'une retombée bénéfique du curage des canaux pratiqué dans le but de les désenvaser et d'améliorer ainsi l'écoulement de l'eau.

Lutte biologique

La possibilité de lutter contre les gastéropodes par voie biologique suscite un certain intérêt mais c'est une option qui ne peut pas être recommandée pour le moment (*5*).

Lutte chimique

Par le passé, on avait souvent tendance à traiter tout un secteur par des molluscicides. Cette technique coûteuse et dangereuse pour l'environnement a été abandonnée au profit de traitements focaux (*6*, *7*). On commence par procéder à une étude dont le but est de reconnaître les sites et les saisons de transmission et c'est uniquement sur ces sites que l'on procède aux épandages périodiques de molluscicides. En général, ces épandages sont limités aux endroits fréquentés par la population locale pour la baignade, la toilette, la lessive etc... Actuellement, un seul molluscicide chimique, le niclosamide, est jugé acceptable pour les campagnes de lutte contre les gastéropodes. D'autres produits, notamment d'origine végétale, sont en cours d'évaluation. En raison de son prix de revient élevé, le niclosamide n'est utilisé que parcimonieusement dans un petit nombre de programmes locaux. A petite dose, il est extrêmement toxique pour les gastéropodes et leurs œufs. En pratique, on recommande une concentration de 0,6 à 1 mg/litre pendant une durée de huit heures.

C'est un produit qu'on peut manipuler sans danger et qui, une fois dilué, n'est pas toxique pour les plantes et les cultures aquatiques; il est cependant très toxique pour les poissons. On peut néanmoins consommer sans risque des poissons qui ont été tués par le niclosamide. Appliqué ponctuellement et à la bonne saison, le niclosamide ne devrait pas avoir d'impact négatif grave sur l'environnment.

Il faut cependant ne pas perdre de vue que l'emploi de molluscicides présente un certain nombre d'inconvénients, à savoir:

- c'est une tâche de longue haleine car il faut répéter les épandages;

- ces produits sont coûteux et il est capital qu'ils soient appliqués sous la surveillance d'un personnel dûment formé;

- ils sont nocifs pour un certain nombre d'espèces non visées, notamment les poissons;

- les gastéropodes sont capables de s'enfouir dans la vase ou de quitter temporairement leur biotope aquatique pour échapper aux produits chimiques, ce qui nécessite de recommencer le traitement.

Pour plus de détails sur l'emploi des molluscicides, on pourra consulter la référence *8*.

Epandage

Le niclosamide est commercialisé sous forme de poudre mouillable à 70% ou de concentré émulsionnable à 25%. Cette dernière formulation s'étale bien à la surface des eaux calmes lorsqu'on l'applique mélangée à du gazole dans la proportion de 8,5 parties de concentré pour 1,5 parties de gazole. Une quantité de 1,43 g de poudre mouillable ou de 4 g ou 4 ml de liquide contient 1 g de matière active.

En eau stagnante

Pour traiter des eaux stagnantes, tels que marécages, mares, étangs ou retenues à l'arrière d'un barrage, il est préférable d'utiliser des pulvérisateurs. On trouvera au Chapitre 9 la description et le mode d'emploi des pulvérisateurs à pression préalable. On peut également se servir de pulvérisateurs à dos. Les bouillies préparées avec la poudre mouillable doivent être constamment agitées.

Sur des eaux stagnantes, il est recommandé d'utiliser le concentré émulsionnable à 25% à la dose de 0,4 mg/litre et la poudre mouillable à 70% à la dose de 0,6 mg/litre.

Pour calculer le volume de liquide à pulvériser à la surface de l'eau, on procède comme suit. On évalue tout d'abord le volume de l'étang en multipliant sa profondeur moyenne par sa longueur et sa largeur. Pour mesurer la profondeur, on peut utiliser une baguette graduée lestée à son extrémité et fixée à son sommet au milieu d'une longue corde. En tirant sur les deux extrémités de la corde on maintient la baguette plantée bien droite dans le fond de l'étang.

Sur un étang de petite dimension, on peut pulvériser le molluscicide uniformément sur toute la surface. Sur un étang plus vaste, il suffit de traiter les bords.

Il existe un matériel de terrain très simple pour mesurer la concentration du produit dans l'eau et s'assurer que l'épandage a été fait correctement.

En eau courante

Dès que le molluscicide est introduit dans un cours d'eau, il est entraîné à distance de son point d'application initial. Comme le produit doit rester suffisamment longtemps en contact avec les gastéropodes pour pouvoir les tuer (au moins huit heures, de préférence), il faut que l'épandage soit poursuivi pendant un laps de temps assez long. On recommande de traiter les eaux courantes pendant huit heures à raison de 0,6 mg/litre de concentré émulsionnable à 25% ou de 1 mg/litre de poudre mouillable.

Habituellement on applique le molluscicide au moyen d'un goutte-à-goutte constitué d'un tuyau souple plongeant dans un fût (Fig. 8.11), qui permet d'assurer un débit constant pendant plusieurs heures.

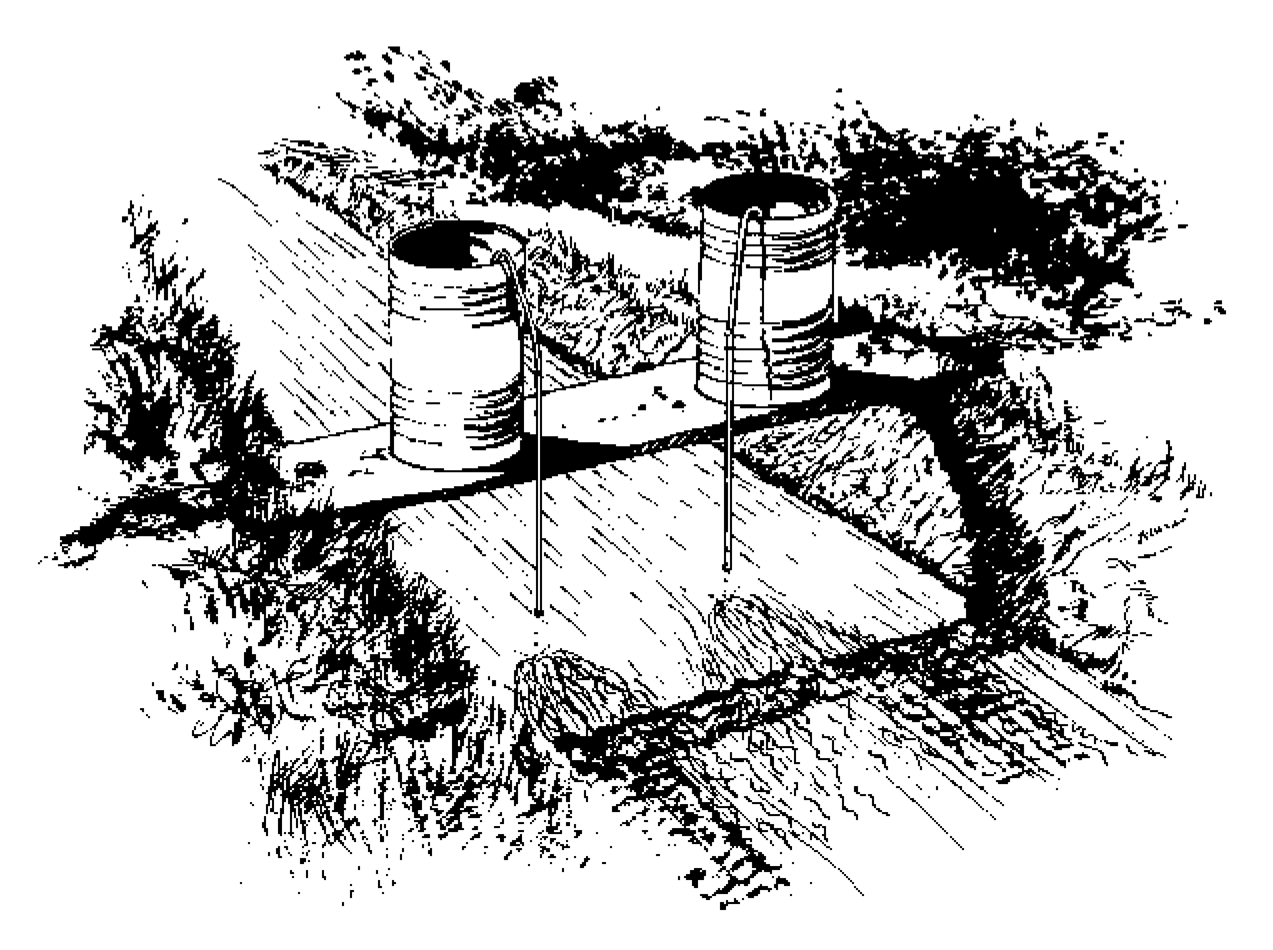


Fig. 8.11 Lutte chimique contre la schistosomiase: le molluscicide est lentement déversé dans le cours d'eau à partir d'un fût.

Ce dispositif doit être installé en un point où le cours d'eau ou le canal se resserre ou encore là où l'écoulement est turbulent, afin que le produit se mélange bien à l'eau. Le courant va entraîner le produit et le répartir dans l'ensemble du réseau. Il faut déverser suffisamment de produit au départ pour qu'en fin de parcours il ne se soit pas trop dilué et soit encore capable de tuer les gastéropodes et leurs œufs.

Dans les canaux, on peut évaluer la vitesse du courant en notant le temps que met un objet flottant à parcourir une certaine distance. Dans un cours d'eau, cette méthode conduit à des résultats inexacts du fait de l'existence de portions où l'eau stagne et d'autres où le courant est rapide. On trouvera dans l'encadré ci-dessous le calcul de la quantité de produit à utiliser.

Epandage d'un molluscicide au moyen d'un distributeur à débit constant

Epandage de niclosamide en poudre mouillable à 70%, à raison de 1 mg de matière

active par litre sur une durée de 8 heures:

1. Volume d'eau à traiter par seconde (m^3/s): $Q = V \times P \times L$ avec
V = vitesse du courant en m/s
P = profondeur de l'eau en mètres
L = largeur du canal en mètres
2. Quantité totale de molluscicide (en grammes) nécessaire:
$Q \times 100/70 \times 60 \times 60 \times 8$
3. Débit du distributeur: F litres/s

4. Solution à introduire dans le distributeur:

$(Q\ (m^3/s) \times 100/70\ (g/m^3))/F\ (l/s) = 100/70 \times Q/F\ (g/l)$

N.B. La vitesse moyenne du courant sur la totalité de la section du canal est égale à environ 85% de la vitesse maximale mesurée à la surface en observant le déplacement d'un objet flottant. Il faut donc multiplier par 0,85 la quantité de niclosamide donnée par l'équation 2.

Il faut verser dans le fût le volume de solution molluscicide nécessaire pour que l'épandage reste constant sur une période de 8 heures. La solution s'écoule par un tuyau souple ou un robinet. On peut régler le débit en tournant plus ou moins le robinet ou en comprimant plus moins le tuyau avec une pince de Mohr. Si on a préparé une suspension au moyen d'une poudre mouillable, il faut l'agiter fréquemment pour éviter le dépôt de la matière active.

Epandage focal dans un canal au Soudan

Dans un village du Soudan où un canal d'irrigation voisin constitue un site de transmission de la schistosomiase, on a pu constater l'efficacité d'une méthode légèrement différente. On a préparé une suspension en mélangeant 1 kg de niclosamide en poudre mouillable à 70% avec 10 litres d'eau et on l'a déversée à 300 m en amont du village. Un traitement de 40 minutes a donné une concentration de 2-3 g/m^3 qui a éliminé les gastéropodes dans cette portion du canal pendant 4 à 6 semaines. Au bout de cette période, il a fallu répéter le traitement.

Bibliographie

1. *L'utilisation des médicaments essentiels. Septième rapport du Comité OMS d'experts*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1997 (OMS, Série de Rapports techniques, No 867).

2. Gryseels B. The relevance of schistosomiasis for public health. *Tropical and medical parasitology*, 1989, 40: 134-142.

3. *Lutte contre les trématodoses d'origine alimentaire. Rapport d'un Groupe d'étude de l'OMS*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1995 (OMS, Série de Rapports techniques, No 849).

4. Ling B et alii. L'utilisation des vidanges en agriculture et en pisciculture. *Forum mondial de la santé*, 1993, 14:78-82.

5. *La lutte contre la schistosomiase. Deuxième rapport du Comité OMS d'experts*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1993 (OMS, Série de Rapports techniques, No 830).

6. Fenwick A. Experience in mollusciciding to control schistosomiasis. *Parasitology today*, 1987, 3: 70-73.

7. Klumpp RK, Chu KY. Focal mollusciciding: an effective way to augment chemotherapy of schistosomiasis. *Parasitology today*, 1987, 3: 74-76.

8. McCullough FS. *The role of mollusciciding in schistosomiasis control*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1992 (document non publié WHO/SCHIST/92.107; disponible sur demande à la Division Lutte contre les Maladies tropicales, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

Pour en savoir plus

L'éducation pour la santé dans la lutte contre la schistosomiase. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1990.

Jordan P, Webbe G, Sturrock RF. Human schistomiasis, 3éme édition, Oxford, CAB International, 1993.

Chapitre 9. Traitement des habitations au moyen d'insecticides à effet rémanent

L'un des progrès les plus importants réalisés au cours de ce siècle dans la lutte contre les insectes a été la mise au point d'insecticides capables de consever leur activité pendant une longue période. Le premier à être doté d'une activité prolongée, c'est-à-dire à avoir un effet rémanent a été le DDT, mis au point au cours de la Deuxième guerre mondiale. On s'aperçut peu après, qu'une fois pulvérisé sur les murs et les plafonds d'une habitation, cet insecticide continuait à tuer les insectes pendant plusieurs mois.

C'est ainsi que les pulvérisations d'insecticides à effet rémanent ont pris une importance particulière dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme, qui se reposent souvent sur les murs avant et après avoir pris leur repas de sang. En Amérique du sud, le traitement des murs est également devenu le moyen le plus important de détruire les triatomes vecteurs de la maladie de Chagas, des punaises qui vivent dans les fentes et les fissures. Ce type de traitement est également efficace contre les punaises de lit et certaines espèces intradomiciliaires de phlébotomes qui transmettent la leishmaniose. On peut aussi en faire usage pour détruire les moustiques des genres *Culex* et *Aedes*, qui sont respectivement les vecteurs de la filariose et de la dengue, mais il est vrai que le traitement n'est pas très efficace dans ce cas, notamment du fait que ces moustiques, s'ils ont effectivement un comportement endophile, ont plutôt tendance à se reposer sur des surfaces qu'il est exclu de traiter comme les rideaux, les vêtements et les meubles.

On peut lutter contre les blattes, les puces, les tiques molles, les acariens piqueurs et autre vermine en pulvérisant des insecticides à effet rémanent aux endroits où ils se reproduisent, se cachent ou se reposent. En Afrique, il est possible de détruire les mouches tsé-tsé vectrices de la maladie du sommeil en traitant de la sorte les végétaux qui leurs servent de lieux de ponte et de repos.

Les problèmes du traitement des habitations dans les programmes de lutte antipalustre

En général, le traitement des murs par des insecticides à effet rémanent s'est révélé efficace contre le paludisme partout où il a été effectué correctement. Un certain nombre de problèmes ont quand même fini par se poser, en particulier:

- l'apparition, chez les insectes visés, d'une résistance au DDT et à d'autres insecticides;

- le fait que certaines espèces de moustiques vecteurs piquent et se reposent à l'extérieur;

- le fait qu'il est exclu de traiter certaines surfaces à l'intérieur des habitations;

- l'habitude qu'ont les habitants de certaines régions de dormir à la belle étoile pendant la saison chaude.

A cela s'est ajouté un problème supplémentaire de taille, à savoir la répugnance de certaines communautés à accepter cette méthode. Les populations qui vivaient dans des zones où le traitement des habitations était fréquent n'en voyaient guère l'avantage, de sorte qu'elles ont eu de plus en plus tendance à ne pas laisser pénétrer les équipes de pulvériseurs dans leurs maisons, refusant de subir l'odeur parfois désagréable des insecticides et de voir leurs logements souillés par des dépôts inesthétiques, dès lors qu'elles ne constataient pas de contrepartie sous la forme d'un recul sensible de l'incidence des maladies.

L'organisation, la gestion et le financement de vastes campagnes de pulvérisations s'étendant sur de longues périodes se sont révélées problématiques dans nombre de pays. Traiter un grand nombre d'habitations une ou deux fois par an exige une organisation minutieuse et beaucoup de personnel, de véhicules et de pulvérisateurs. Après une période initiale marquée par des succès, les pulvérisations se sont révélées de moins en moins efficaces et rentables. Il a bien fallu se rendre compte que la poursuite de ces programmes était hors de portée de la plupart des pays en développement. Au cours des années 70, il est apparu à l'évidence que l'éradication du paludisme fondée sur le traitement des habitations par des insecticides était irréalisable et qu'une réorganisation des programmes de lutte s'imposait. Ces traitements n'ont été poursuivis que là où les ressources étaient suffisantes et les chances de réussite raisonnables. Pour les programmes de lutte antipalustre, il ne s'agissait plus d'éradiquer la maladie mais d'en réduire l'incidence à un niveau tel qu'elle cesse d'être un problème majeur de santé publique. Il était visiblement devenu nécessaire d'adopter une stratégie plus souple, en diversifiant les techniques de lutte antivectorielle et de prise en charge de la maladie.

Organisation des opérations de pulvérisation

Le traitement des habitations était traditionnellement confié à des programmes spécialisés dotés d'un effectif nombreux, mais il était désormais clair que si l'on se tournait vers d'autres méthodes de lutte antivectorielle, elles devaient être plus simples et meilleur marché de manière à permettre la décentralisation et une participation plus importante des services de santé de district et des populations locales.

Même si l'on a voulu privilégier d'autres méthodes que la pulvérisation d'insecticides dans les habitations, il n'en reste pas moins que dans bien des circonstances, cette technique reste la plus efficace pour lutter contre les vecteurs. Il est d'ailleurs possible qu'un certain nombre de problèmes puissent être résolus en modifiant simplement l'organisation des pulvérisations.

Il faut faire appel à l'éducation sanitaire pour faire prendre conscience aux collectivités locales et autres groupes de la responsabilité qu'ils ont dans la prise en charge de leur propre santé et des possibilités qui s'offrent à eux à cet égard. Dans de nombreuses régions, les cultivateurs possèdent des pulvérisateurs pour le traitement de leurs cultures. Dans les petites collectivités, on pourrait envisager d'apprendre aux agriculteurs à assurer le traitement de leurs habitations, en apportant éventuellement de légères modifications à leur matériel. Les services sanitaires pourraient également fournir le matériel de pulvérisation et former les agents de santé ou d'autres membres de la collectivité à son utilisation pour le traitement des habitations. Dans une petite communauté, on peut traiter toutes les habitations en une ou deux semaines et plusieurs collectivités peuvent donc partager le même matériel.

La solution communautaire permet d'éviter la plupart des problèmes que pose le transport des équipes et du matériel de pulvérisation. En améliorant l'éducation sanitaire et en faisant davantage participer la collectivité à la planification des opérations, on obtient une meilleure coopération de la part des propriétaires. Les dépenses de personnel sont fortement réduites, mais il n'est pas exclu que le service sanitaire local ou l'association qui se charge des opérations doive proposer une compensation financière ou autre aux participants. De toute manière, il faut également envisager un renforcement des services sanitaires, si l'on veut qu'ils soient à même d'assurer leur tâche d'éducation pour la santé, tout en supervisant les pulvérisations et en en évaluant les résultats. Ce sont également les services sanitaires qui doivent avoir la responsabilité du matériel, des pièces de rechange et des insecticides. Il faut aussi s'assurer le concours de spécialistes de la lutte antivectorielle qui conseilleront les exécutants sur les techniques, le matériel et les produits à employer ainsi que sur le calendrier des opérations.

Conditions à respecter pour assurer l'efficacité des pulvérisations murales

Habitudes de repos des moustiques

Plus les moustiques ont tendance à se reposer longtemps à l'intérieur, plus les pulvérisations murales sont efficaces. Une période de repos de quelques heures suffit généralement pour que la plupart des espèces de moustiques et de phlébotomes soient tuées. Il importe également de connaître les endroits que les insectes choisissent de préférence pour se reposer: certaines espèces ne se posent qu'à la partie inférieure des murs, d'autres se réfugient dans les combles. Il est bien clair qu'il suffit de traiter

les lieux de repos effectifs.

Sensibilité des moustiques aux insecticides

Il existe des espèces de moustiques qui sont devenues résistantes à certains insecticides, notamment au DDT, ce qui oblige à utiliser d'autres produits. Il y a suspicion de résistance si l'on constate à plusieurs reprises que les moustiques survivent après avoir séjourné sur des surfaces traitées pendant au moins une demi-heure. Pour en avoir confirmation, on peut utiliser le nécessaire OMS pour la détermination de la sensibilité des vecteurs aux insecticides[a].

[a] Disponible sur demande à: Vector Control Research Unit, School of Biological Sciences, Malaysia Sains University (USM), Penang, Malaisie.

Nature des murs et des toits

Toutes les surfaces ne conviennent pas aux pulvérisations d'insecticides: les murs de terre ou de torchis non crépis sont très absorbants et pompent l'insecticide présent sur la surface où les moustiques viennent se poser. Certains murs de terre contiennent des substances qui augmentent le pH, provoquant la décomposition rapide de certains insecticides. Les toits de chaume ou de fascines offrent de nombreuses caches où les insectes peuvent se reposer sans risquer d'être atteints par les insecticides. Les surfaces qui se prêtent le mieux aux pulvérisations sont celles qui ne sont pas absorbantes, comme les surfaces en bois dur ou les surfaces peintes (voir Chapitre 1).

Nature des insecticides

Ce que l'on souhaite, c'est que les insectes meurent une fois qu'ils se sont posés sur la surface traitée. Il ne faut donc pas que l'insecticide utilisé ait un effet répulsif. Quelques insecticides tuent par contact mais exercent également une action toxique par la voie aérienne sans tenir les insectes à distance (bendiocarbe, propoxur, pirimiphos- méthyl, fénitrothion). La formulation joue un rôle important: les concentrés émulsionnables ne conviennent généralement pas.

Coopération avec les occupants

Les pulvérisations d'insecticides à l'intérieur des habitations sont à l'origine de nombreux problèmes et malentendus entre les équipes de pulvériseurs et les occupants. Il faut une bonne éducation sanitaire pour pouvoir faire comprendre la raison d'être des pulvérisations. Les responsables de la planification et de l'éxécution des opérations doivent respecter les us et coutumes de la population.

Insecticides pour pulvérisations à effet rémanent

Les traitements insecticides peuvent viser les stades larvaires des moustiques, qui vivent dans l'eau ou les insectes adultes (imagos). Dans ce dernier cas, il existe deux modes d'épandage:

- **Libération dans l'atmosphère sous forme de vapeurs ou d'aérosol**, au moyen, par exemple, de serpentins anti- moustiques ou de bombes aérosols ou encore par pulvérisations spatiales. Cette méthode permet d'étourdir ou de tuer les insectes en

vol ou au repos dès qu'ils absorbent les particules d'insecticide par inhalation ou contact, mais la protection qu'elle offre est de courte durée.

• **Application sur une surface sous la forme d'une pulvérisation ou d'un dépôt ou imprégnation en vue d'une action prolongée.** Les insecticides à effet rémanent tuent les insectes qui se posent ou se déplacent sur les surfaces traitées. La durée de l'action dépend d'un grand nombre de facteurs, comme la nature de la surface, l'insecticide utilisé, sa formulation et sa dose. On peut citer comme exemples les poudres insecticides que l'on utilise contre les poux et les puces ou encore les moustiquaires imprégnées et le traitement des murs d'une habitation.

Selon la méthode d'application utilisée, on fera usage de tel ou tel insecticide. Ainsi, les insecticides qui s'évaporent rapidement à la température ambiante ne conviennent pas si l'on a l'intention de traiter des murs en obtenant un effet rémanent. Par contre, ils conviendront très bien pour des pulvérisations spatiales ou un épandage par vaporisateur.

Caractéristiques des bons insecticides à effet rémanent

Un insecticide à effet rémanent doit avoir les propriétés suivantes:

• **Forte toxicité pour les insectes visés.** Les insecticides perdent leur efficacité si les insectes visés acquièrent une résistance. De temps à autre, il faut capturer des insectes et vérifier si des signes de résistance commencent à se manifester. Si c'est le cas, on devra utiliser un autre insecticide vis-à-vis duquel il n'y a ait pas de résistance croisée.

• **Longue durée sur une surface donnée.** L'insecticide doit conserver une forte toxicité pendant une période suffisamment longue pour que l'on ne soit pas obligé de procéder à des retraitements trop fréquents, qui sont coûteux et longs.

• **Innocuité pour l'Homme et les animaux domestiques.** Les produits ne doivent présenter aucun danger pour les opérateurs, les occupants et les animaux qui pourraient être accidentellement contaminés pendant ou après le traitement.

• **Acceptabilité pour les occupants.** Certaines formulations conviennent moins bien que d'autres parce qu'elles dégagent une odeur ou laissent subsister des dépôts inesthétiques sur les murs.

• **Stabilité pendant le stockage et le transport; bonne miscibilité à l'eau; pas d'agressivité vis-à-vis du matériel d'épandage.**

• **Bon rapport coût-efficacité.** Dans le calcul du coût, il faut tenir compte du mode d'application de l'insecticide, de sa dose et du nombre de traitements annuels.

Résistance

La résistance résulte à la fois de l'usage de l'insecticide et de la pression de sélection exercée sur la population d'insectes. Lorsqu'une résistance apparaît, le choix d'un produit de remplacement dépend du mécanisme selon lequel cette résistance se développe, de ce que l'on sait de la sensibilité des insectes, du rapport coût-efficacité

du produit et de la possibilité de se le procurer. L'idéal serait d'opter pour une stratégie qui permette d'utiliser chacun des produits disponibles le plus longtemps possible.

Le DDT a été l'insecticide le plus couramment utilisé et on peut encore s'en servir lorsque les moustiques vecteurs ne lui sont pas résistants.

En cas de résistance au DDT, les premiers insecticides auxquels on pense sont en général les organophosphorés, notamment le malathion. Si les insectes que l'on veut combattre sont devenus résistants au malathion, on pourra passer au fénitrothion, qui est plus cher et plus dangereux ou bien au pirimiphos-méthyl, également plus coûteux. Les carbamates constituent également une alternative plus coûteuse. Lorsque les insectes sont résistants à tous les types d'insecticides, on se tourne en principe vers les pyréthrinoïdes. Ces insecticides comptent parmi les produits les moins dangereux de ce genre lorsqu'on les utilise aux doses recommandées. Pour obtenir des renseignements sur l'efficacité des différents insecticides dans les conditions locales, on peut s'adresser aux services sanitaires ou à des centres de recherches locaux qui comptent des spécialistes de la lutte antivectorielle parmi leur personnel.

Formulations

On épand rarement les insecticides à l'état pur. En règle générale, ils sont présentés en formulations spéciales adaptées aux exigences des différentes méthodes d'application. Les insecticides à effet rémanent se présentent habituellement sous forme de poudres dispersables dans l'eau, de concentrés émulsionnables ou de concentrés pour suspension.

Poudres dispersables dans l'eau

Ce sont des poudres additionnées d'un agent tensioactif qui permet à l'insecticide de se dissoudre dans l'eau. On agite le mélange de temps à autre pour maintenir l'insecticide en suspension.

Ces produits sont généralement livrés en poudre à 5-80% de matière active. Un kilogramme d'une poudre à 75% contient 250 g de matériau inerte et 750 g d'insecticide pur. En versant directement le produit dans l'eau on obtient une suspension prête à être pulvérisée qui contient 1 à 5% de matière active.

Concentrés émulsionnables

Un concentré émulsionnable est constitué d'un solvant additionné d'un agent émulsifiant et dans lequel l'insecticide est dissous**.** Lorsqu'on le verse dans l'eau, il se forme une émulsion d'un blanc laiteux qui est composée de gouttelettes huileuses finement dispersées. Un minimum d'agitation suffit à le maintenir en suspension.

Concentrés pour suspension

Un concentré pour suspension est constitué de particules d'insecticides avec un agent mouillant et un peu d'eau. On peut l'utiliser pour préparer une suspension aqueuse. Ce produit a le grand avantage d'être ininflammable. Les particules d'insecticide sont de plus grande taille que dans les concentrés émulsionnables et elles restent plus longtemps à la surface des murs. Elles sont par contre plus petites que les particules

de poudre dispersable et donc moins efficaces sur des surfaces poreuses. Les résidus qui subsistent après traitement sont moins disgracieux que dans le cas des poudres dispersables. Ce type de formulation existe pour plusieurs insecticides (voir Tableau 9.1).

Tableau 9.1
Insecticides utilisés pour les traitements à effet rémanent

Insecticide	Dose (g/m^2)	Durée d'efficacité (mois)	Action insecticide	Classe de sécurité de la matière active[a]
Organochlorés				
DDT	1-2	6 ou plus	contact	DM
lindane	0,2-0,5	3 ou plus	contact	DM
Organophosphorés				
malathion	1-2	1-3	contact	DF
fénitrothion	1-2	1-3 ou plus	contact, VA	DM
pirimiphos-méthyl	1-2	2-3 ou plus	contact, VA	DF
Carbamates				
bendiocarbe	0,2-0,4	2-3	contact, VA	DM
propoxur	1-2	2-3	contact, VA	DM
Pyréthrinoïdes				
alphacyperméthrine	0,03	2-3	contact	DM
cyfluthrine	0,025	3-5	contact	DM
cyperméthrine	0,5	4 ou plus	contact	DM
deltaméthrine	0,05	2-3 ou plus	contact	DM
lambdacyhalothrine	0,025-0,05	2-3 ou plus	contact	DM
perméthrine	0,5	2-3	contact, VA	DM

[a] DM = danger modéré; DF = danger faible; VA = voie aérienne.

Poudre dispersable dans l'eau, concentré émulsionnable ou concentré pour suspension?

Pour les pulvérisations à l'intérieur des habitations, ce sont les poudres dispersables qui sont les plus efficaces dans la plupart des pays. Cela tient au fait que cette formulation est celle qui convient le mieux aux surfaces poreuses telles que les murs de briques ou de torchis. Les particules d'insecticide sont relativement grosses et l'absorption relativement faible. De ce fait, il reste davantage de matière active sur les parois pour tuer les moustiques au repos ou les insectes rampants et l'effet rémanent s'en trouve prolongé.

Les poudres dispersables dans l'eau ont également l'avantage d'être plus légères et plus faciles à transporter que les concentrés émulsionnables. On peut les préemballer pour un usage plus commode sur le terrain et leur toxicité pour l'Homme est moindre.

Les concentrés pour suspension conviennent également aux surfaces rugueuses, mais

des précautions sont à prendre lors de la formulation afin d'éviter l'agglutination des matières solides au fond du récipient. Par ailleurs, comme il s'agit d'un produit liquide, il nécessite l'emploi de récipients relativement coûteux et une manipulation prudente afin d'éviter tout déversement accidentel.

Les concentrés émulsionnables coûtent plus cher et s'utilisent de préférence pour traiter des surfaces imperméables et les murs recouverts d'un crépi fin car ils ne tachent pas et ne laissent pas de dépôts.

L'effet rémanent des concentrés émulsionnables dépend de la capacité d'absorption de la surface traitée et des propriétés physiques de l'insecticide. En général, les poudres dispersables dans l'eau et les concentrés pour suspension ont un meilleur effet rémanent, sauf dans le cas des surfaces non absorbantes sur lesquelles les trois formulations ont une persistance et une efficacité équivalente.

Doses et cycles de traitement

La dose d'emploi est la quantité d'insecticide délivrée par unité de surface. On l'exprime généralement en grammes par mètre carré (g/m^2). La valeur optimale de la dose d'emploi varie selon le lieu, la saison, l'espèce du vecteur et la nature de la surface traitée. Les doses données au Tableau 9.1 sont celles qui donnent habituellement satisfaction. Les spécialistes locaux de la lutte antivectorielle doivent pouvoir donner des renseignements sur les doses à utiliser.

On appelle cycle de traitement l'intervalle de temps entre deux traitements consécutifs. Dans une petite collectivité où il est possible d'opérer rapidement, on traitera les habitations au cours des semaines précédant le début de la saison de transmission. Si la saison ne dure que trois mois et que l'on utilise un produit dont l'effet persiste pendant trois mois ou davantage, il suffira de traiter une fois par an.

Là où la transmission se produit tout au long de l'année, il pourra être nécessaire de prévoir plusieurs cycles de traitement pour couvrir toute la période. Lorsque la dose d'emploi est forte, l'effet rémanent est en principe plus durable. Si en revanche la saison de transmission est brève, on pourra se contenter d'une dose plus faible.

Nature de la surface traitée

La persistance d'un insecticide sur une surface dépend non seulement du type d'insecticide et de sa formulation, mais encore de la nature de la surface. La plupart des insecticides persistent plus longtemps sur le bois ou sur le chaume que sur le torchis. Les surfaces de torchis absorbent une certaine proportion de l'insecticide et peuvent parfois provoquer sa décomposition chimique. Par exemple, du malathion pulvérisé sur du bois pourra subsister pendant trois mois ou davantage, alors que sur certaines surfaces de torchis, il disparaîtra en trois semaines.

Si l'on ne connaît pas les conditions locales, il est conseillé, en cas de pulvérisations sur des surfaces de bois ou pour une période de transmission de courte durée, de choisir les doses les plus faibles indiquées par le Tableau 9.1. Les doses les plus élevées pourront être utilisées pour traiter les surfaces de torchis ou encore si l'on souhaite un effet rémanent prolongé. Comme on l'a vu plus haut, la persistance d'un insecticide est également conditionnée par sa formulation.

Insecticides d’usage courant

Organochlorés

Seul le DDT sera examiné ici en détail. La dieldrine a été couramment utilisée à une époque, mais elle est très toxique pour l’Homme et les animaux domestiques et elle n’est plus commercialisée. Le lindane s’utilise là où existe une résistance au DDT. Il est plus toxique que ce dernier, mais on peut l’épandre sans risque moyennant certaines précautions. Il coûte plus cher que le DDT et il est moins persistant, de sorte que les traitements au lindane sont d’un prix de revient assez élevé. En outre, l’existence d’une résistance en a réduit l’intérêt.

DDT

Le DDT a été l’un des premiers insecticides a être couramment employé pour des pulvérisations à effet rémanent. Comme il est bon marché, très efficace, qu’il a une bonne persistance et qu’il est relativement sans danger pour l’Homme, on continue à l’utiliser pour traiter les murs à l’intérieur des habitations. Toutefois, l’apparition d’une résistance et les restrictions imposées à son utilisation dans un certain nombre de pays ont conduit à lui substituer d’autres insecticides d’un prix de revient plus élevé. En novembre 1993, un Groupe d’étude de l’OMS a examiné la question de l’usage du DDT pour combattre les maladies à transmission vectorielle. Il a conclu que le DDT pouvait être utilisé pour la lutte antivectorielle à condition de prendre un certain nombre de précautions (*1*).

Formulations courantes: poudres dispersables dans l’eau à 75% (la plus fréquemment utilisée) ou à 50%; concentré émulsionnable à 25%.
Doses: 1-2 g/m^2 selon la surface à traiter (davantage sur le torchis et la brique, moins sur le bois) et la durée de la période transmission (la plus forte des deux doses donne un effet plus durable).

Stockage: c’est un produit stable qui peut être conservé en milieu tropical sans détérioration notable à condition de le mettre à l’abri de la chaleur, de la lumière solaire directe et d’une forte humidité.

Efficacité résiduelle: six mois ou davantage.

Efficacité et importance du DDT

La découverte des propriétés insecticides du DDT dans les années quarante a permis une percée dans la lutte contre le paludisme. Appliqué en pulvérisations, ce composé est très efficace pour détruire les moustiques qui se reposent sur les murs. Il est bon marché et conserve son efficacité pendant plusieurs mois. Dans de nombreux pays, les programmes de lutte antipaludique ont obtenu des succès notables en traitant les habitations une ou deux fois par an avec ce produit. Malheureusement, on a dû bien souvent y renoncer en raison du coût élevé des opérations et du fait que la population s’est montrée de moins en moins coopérative. En outre, les moustiques vecteurs du paludisme sont devenus résistants dans de nombreuses régions, obligeant à recourir à des insecticides plus coûteux. Quoi qu’il en soit, le DDT reste efficace dans un certain nombre de pays.

Il reste que l'utilisation du DDT rencontre de plus en plus d'opposition de la part des écologistes qui font valoir, non sans raison, que ce composé se révèle nocif lorsqu'il est employé à des fins agricoles. En effet, une fois pulvérisé sur les cultures, le DDT met beaucoup de temps à se décomposer. Il subsiste longtemps dans le sol et peut pénétrer dans les cours d'eau et les nappes phréatiques. Les animaux qui se nourrissent d'insectes empoisonnés par du DDT, de même que les prédateurs situés plus en aval dans la chaîne alimentaire, s'intoxiquent eux-mêmes peu à peu. L'Homme accumule aussi du DDT dans ses différents tissus en consommant des légumes et autres produits contaminés. C'est d'ailleurs ce qui a amené la plupart des pays a en interdire l'usage.

Cette situation n'est pas sans conséquences sur la possibilité, pour les programmes de lutte antipaludique, de se procurer et d'utiliser du DDT. Ce produit reste l'un des insecticides les meilleur marché (Tableau 9.2) et, lorsqu'on l'utilise en pulvérisations murales, il est relativement sans danger pour l'Homme et l'environnement. On n'a pas fait état de cas d'intoxication humaine consécutifs à des pulvérisations murales, malgré la très large utilisation qui est faite de cet insecticide dans la lutte contre le paludisme.

Organophosphorés

Ces insecticides ont été mis au point après le DDT. Ils ont pris de l'importance en tant que produits de remplacement lorsqu'il est apparu que certaines espèces de vecteurs étaient devenues résistantes au DDT. Les plus couramment utilisés sont le malathion et le fénitrothion. Ils sont plus chers que le DDT et leur rémanence est moindre (Tableau 9.2).

Tableau 9.2
Prix de revient comparé des insecticides utilisés en pulvérisations murales (frais d'épandage exclus)

Insecticide	Dosage (g/m^2 de produit technique)	Durée approximative de l'effet rémanent sur du torchis (mois)	Nombre de traitements sur 6 mois	Dose totale sur 6 mois (g/m^2)	Formulation[a]	Quantité totale de formulation par m^2 sur 6 mois	app pa
DDT	2	6	1	2	PDE à 75%	2,67	3000
malathion	2	3	2	4	PDE à 50%	8	2100
fénitrothion	2	3	2	4	CE à 50%	8	7500
propoxur	2	3	2	4	CE à 20%	20	9300
deltaméthrine	0,025	6	1	0,025	PDE à 2,5%	1	2500
perméthrine	0,125	3	2	0,250	PDE à 25%	1	3000

[a] PDE: poudre dispersable dans l'eau; CE: concentré émulsionnable.
[b] Frais de transport non compris.
Source: *2*.

Malathion

Ce composé est devenu l'un des insecticides à effet rémanent les plus utilisés, du fait qu'une résistance au DDT est apparue dans de nombreux pays. Il est considéré comme représentant un certain danger. En cas d'absorption de particules par inhalation, ingestion ou contact cutané lors des pulvérisations, il y a réduction de l'activité d'une enzyme présente dans le tissu nerveux, la cholinestérase. Les intoxications graves se manifestent par des signes tels que crampes et faiblesses musculaires suivies de crises de convulsions. Les ouvriers pulvériseurs ne doivent pas épandre de malathion plus de cinq heures par jour ni plus de cinq jours par semaine. Si le produit est conservé pendant de longues périodes à température élevée, il peut se former des impuretés qui le rendent encore plus toxique pour l'Homme. Le malathion est le moins cher des organophosphorés et le moins dangereux de tous s'il est produit selon les normes de l'OMS. On l'utilise couramment en pulvérisations à effet rémanent pour la lutte contre le paludisme et la maladie de Chagas. Il est quelquefois mal accepté par les personnes dont on traite l'habitation en raison de son odeur désagréable.

Formulations courantes: poudre dispersable dans l'eau ou concentré émulsionnable à 50%.

Dose: 1 à 2 g/m^2.

Efficacité rémanente: à la dose la plus élevée, il peut durer jusqu'à six mois sur le chaume ou le bois, mais seulement 1 à 3 mois le torchis et le plâtre. Sur des surfaces de torchis à forte teneur en composés alcalins (minéraux), il se décompose très rapidement.

Fénitrothion

Classé comme modérément dangereux, le fénitrothion est plus toxique pour l'Homme que le malathion. Le personnel chargé de l'épandage et tous ceux qui sont appelés à le manipuler doivent observer des mesures de sécurité très strictes. Comme dans le cas du malathion, une exposition répétée peut faire baisser le taux de cholinestérase dans les tissus nerveux. Les opérateurs doivent se soumettre à un contrôle périodique de leur taux sanguin de cholinestérase et si celui-ci est trop bas, cesser le travail d'épandage jusqu'à ce que le taux redevienne normal. L'action toxique du fénitrothion sur les insectes s'exerce non seulement par contact, mais encore par la voie aérienne et peut durer jusqu'à deux mois après l'épandage. Le fait que l'action toxique s'exerce aussi par voie aérienne peut être utile lorsque les moustiques à détruire piquent à l'intérieur des habitations mais ne s'y reposent pas. Le fénitrothion est souvent actif contre les insectes nuisibles qui sont devenus résistants au malathion.

Formulations courantes: poudre dispersable dans l'eau à 40 ou 50%; concentré émulsionnable à 5%.

Dose: 1 ou 2 g/m^2.

Efficacité rémanente: sur les boiseries, une dose de 1 g/m^2 peut conserver son efficacité jusqu'à deux mois et demi; sur les surfaces de torchis, l'effet rémanent dure 1à 2 mois.

Carbamates

Propoxur

Ce composé est classé comme modérément dangereux. En cas d'absorption, il réduit l'activité de la cholinestérase, mais celle-ci redevient rapidement normale dès que cesse l'exposition. Il est assez toxique pour les poissons, les oiseaux, les abeilles, le bétail et la faune sauvage. L'action toxique du propoxur s'exerce par la voie aérienne et peut subsister jusqu'à deux mois à l'intérieur et à proximité des habitations où il a été pulvérisé. On l'utilise là où se manifeste une résistance aux organochlorés et aux organophosphorés.

Formulations courantes: poudre dispersable dans l'eau à 50% et concentré émulsionnable à 20%.

Dose: 1 ou 2 g/m^2.

Efficacité rémanente: peut rester efficace pendant 2 à 3 mois à la dose de 2 g/m^2.

Bendiocarbe

Le bendiocarbe est classé comme modérément dangereux. Une fois absorbé, il est rapidement métabolisé et ses métabolites sont excrétés en totalité au bout de 24h. Il inhibe la cholinestérase mais la récupération est très rapide lorsque l'exposition a cessé. Si on observe les précaution d'usage, le produit est sans danger pour ceux qui l'utilisent ainsi que pour les occupants des habitations traitées. Il n'est pas dangereux non plus pour le bétail. Il est cependant à noter que les canards sont particulièrement vulnérables.

Formulations courantes: poudre dispersable dans l'eau à 80% en sachets prédosés. Un sachet suffit pour une charge de pulvérisateur.

Dose: 0,2 à 0,4 g/m^2.

Efficacité rémanente: reste efficace 2 à 3 mois.

Pyréthrinoïdes de synthèse

Dans ce groupe figurent les insecticides à effet rémanent les plus récents. La perméthrine, la deltaméthrine, la lambdacyhalothrine, la cyperméthrine et la cyfluthrine ont fait l'objet d'essais d'épandage en pulvérisations murales. On les emploie dans les cas où les vecteurs sont résistants aux autres groupes d'insecticides. Les pyréthrinoïdes sont modérément dangereux et dans les conditions normales, ils ne présentent pas de risque pour les pulvériseurs et les occupants des habitations traitées.

Deltaméthrine: existe sous forme de poudre dispersable dans l'eau à 2,5 et 5,0% ou encore de concentré émulsionnable à 2, 5 et 5,0%. A la dose de 0,05 g/m^2, elle est généralement efficace pendant 2 à 3 mois sur les surfaces de torchis et de chaume, mais on a fait état d'une efficacité de 9 mois sur d'autres types de surfaces.

Perméthrine: existe sous forme de poudre dispersable dans l'eau à 25%. A la dose de 0,5 g/m^2, elle est efficace pendant 2 à 3 mois.

Lambdacyhalothrine: existe sous forme de concentré émulsionnable et de poudre dispersable à 10% en sachets prédosés. A la dose de 0,025-0,05 g/m^2, elle peut rester efficace 2 à 3 mois.

Cyperméthrine: existe sous forme de concentré émulsionnable à 5 ou 25%. A la dose de 0,5 g/m^2, elle peut rester efficace quatre mois ou davantage.

Préparation d'une suspension d'insecticide

Si l'on s'en tient à la méthode classique d'épandage, l'insecticide sera pulvérisé à la dose de 40 ml par m^2 soit 1 litre pour 25 m^2. En principe, ce volume de suspension reste sur la surface traitée sans couler.

Poudre dispersable dans l'eau

Pour préparer 1 litre de suspension à pulvériser, on peut appliquer la formule suivante:

$$X = \frac{25 \times Y}{C} \times 100$$

dans laquelle:

X = poids de poudre dispersable nécessaire (g)
Y = dose d'emploi recommandée (g/m^2)
C = concentration de la matière active dans la formulation (%).

Exemple

Poudre de DDT dispersable dans l'eau (75%) à pulvériser à la dose de 2 g/m^2.

$$X = \frac{25 \times 2}{75} \times 100 = 66.6g$$

Pour un réservoir de 8 litres, la quantité de poudre dispersable sera donc de:

8 × 66,6 = 533,3 g

L'insecticide devra être emballé en sachets de 533,3 g chacun. Une fois sur place, verser de l'eau dans un seau gradué jusqu'au trait des 8 litres. Ajouter ensuite le contenu d'un sachet et bien mélanger avec une palette de bois. Verser la suspension dans le réservoir du pulvérisateur à l'aide d'un entonnoir muni d'un filtre, reboucher le réservoir et bien l'agiter.

Concentré émulsionnable

Pour préparer 1 litre de suspension à partir d'un concentré émulsionnable, on utilise la même formule que pour la poudre dispersable dans l'eau, avec:

X = volume de concentré émulsionnable nécessaire (ml)
Y = dose d'emploi recommandée (g/m^2)
C = concentration de la matière active dans la formulation (%)

On obtient 1 litre de suspension en ajoutant X ml de concentré émulsionnable à (1000 - X) ml d'eau.

Exemple

On veut pulvériser un concentré émulsionnable de DDT (25%) à raison de 1 g/m^2.

$$X = \frac{25 \times 1}{25} \times 100 = 100\text{ml}$$

Pour préparer 1 litre de suspension, ajouter 100 ml de concentré émulsionnable à 900 ml d'eau.

Pour une cuve de pulvérisateur de 8 litres, ajouter 800 ml de concentré émulsionnable à 7200 ml d'eau.

Pulvérisateurs actionnés à la main

Il existe de nombreux modèles de pulvérisateurs actionnés à la main. La plupart sont destinés à la lutte contre les ravageurs. Moyennant quelques modifications, on peut aussi les utiliser pour des opérations de santé publique ou pour détruire la vermine domestique. L'organisation mondiale de la Santé a publié des normes détaillées relatives aux pulvérisateurs utilisables pour les traitements muraux à effet rémanent, afin d'assurer un épandage uniforme des insecticides dans les meilleures conditions de sécurité (*3*).

Différents modèles de pulvérisateurs à main

Pulvérisateur à main à pression préalable

C'est en général le type classique de pulvérisateur pour les traitements à effet rémanent. Il en existe de nombreux modèles, mais seuls les quelques-uns qui satisfont aux normes de l'OMS seront examir dans ce qui suit.

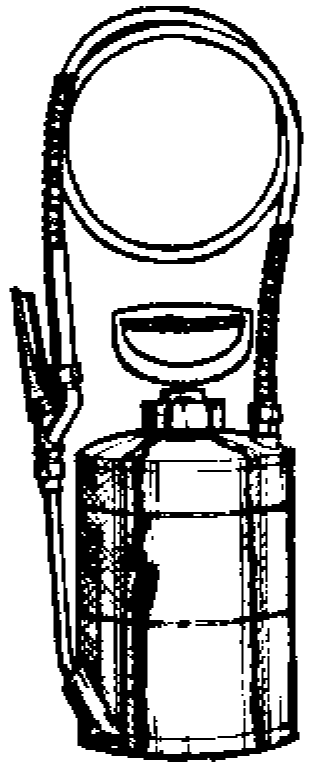


Fig. 9.1 Pulvérisateur à main à pression préalable (© OMS).

Pulvérisateur à dos

Largement utilisé en agriculture, ce type de pulvérisateur se porte sur le dos. Une protection est prév pour empêcher le contact direct entre la cuve et le dos de l'opérateur. C'est un appareil qui fonctionn en continu et dont le débit est relativement constant. L'opérateur maintient d'une main la pression dans la cuve en actionnant une pompe à l'aide d'un levier et de l'autre, il tient la lance dont il peut diriger le jet. Sur les modèles munis d'une vanne de réglage, il n'est pas nécessaire d'actionner la pompe en permanence. On peut utiliser un équipement de ce genre pour traiter des gîtes larvaires a un larvicide, mais il ne doit pas être utilisé pour les pulvérisations murales à effet rémanent.

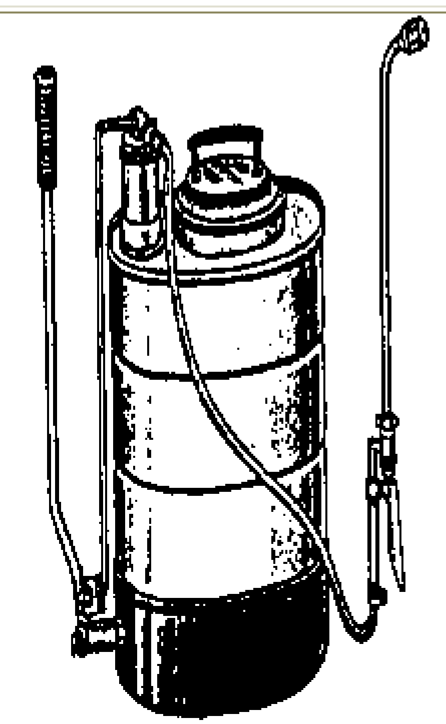


Fig. 9.2 Pulvérisateur à dos (© OMS).

Pompes à étrier

Ces pompes sont utilisées dans certains programmes de lutte antivectorielle car elles sont meilleur marché que les pulvérisateurs à pression préalable. La pompe, qui est montée sur un repose-pied ou un étrier est plongée dans un seau contenant la bouillie à pulvériser. Elle est reliée à la lance par un tuyau souple. Ce dispositif nécessite l'intervention de deux personnes, l'une qui actionne la pompe et l'autre, qui dirige la lance. La pression dépend de la vitesse de pompage, de sorte qu'il est difficile d'épandre le produit uniformément. Ces pompes à étrier ne sont pas recommandées en raison de leu imprécision et aussi parce qu'avec un seau ouvert, on risque de provoquer des éclaboussures à l'intérieur de l'habitation traitée. De toute manière, il ne faut pas s'en servir pour épandre des pesticides dangereux.

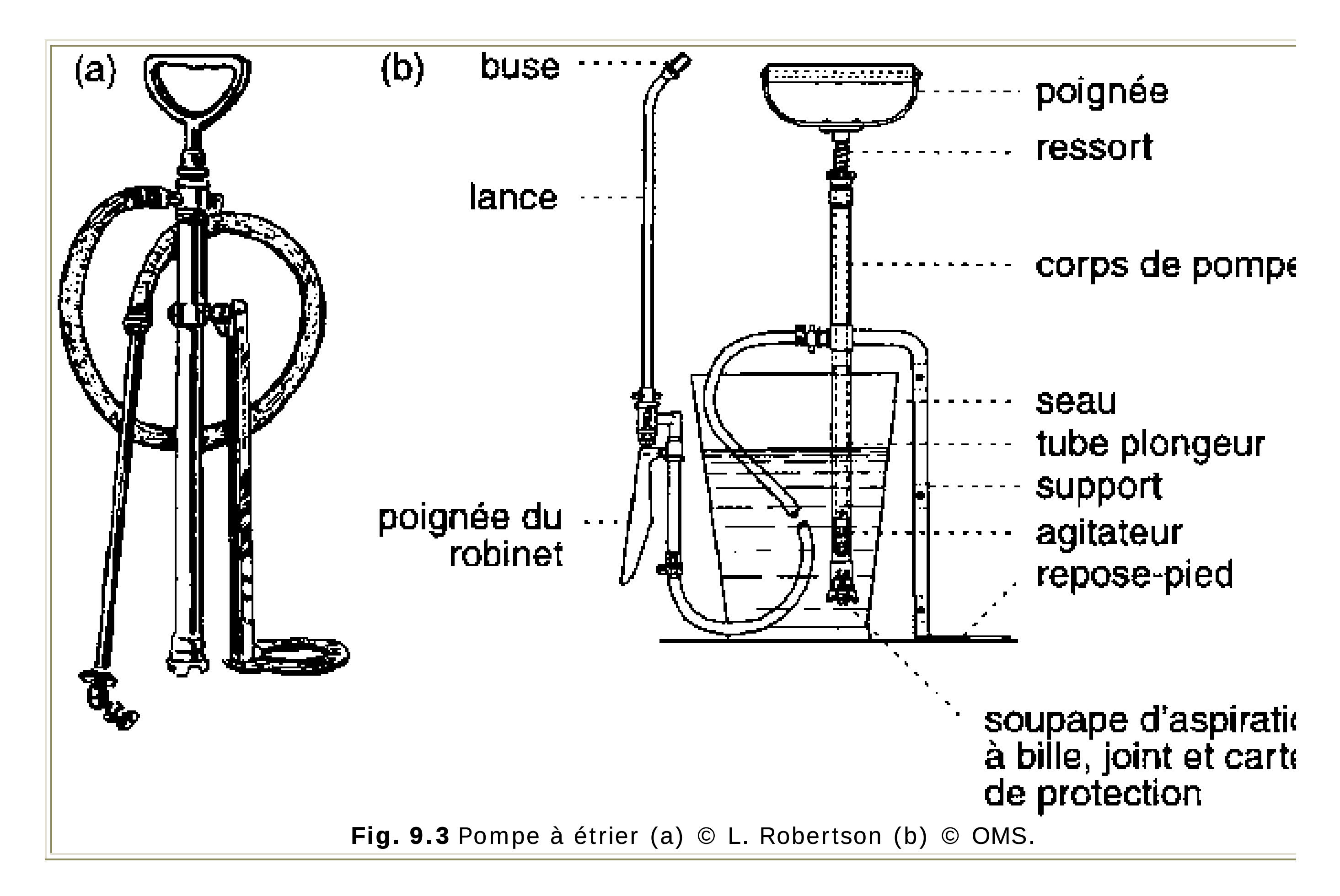


Fig. 9.3 Pompe à étrier (a) © L. Robertson (b) © OMS.

Pulvérisateurs à pression préalable

Fonctionnement et principe

Un pulvérisateur à pression préalable consiste essentiellement en un réservoir généralement appelé cuve contenant la formulation insecticide, que l'on met sous pression par l'action d'une pompe solidaire de ce réservoir. L'air comprimé entraîne le liquide dans un tuyau souple relié à une lance dont le robinet et la buse permettent de couper ou de régler le jet (Fig. 9.4).

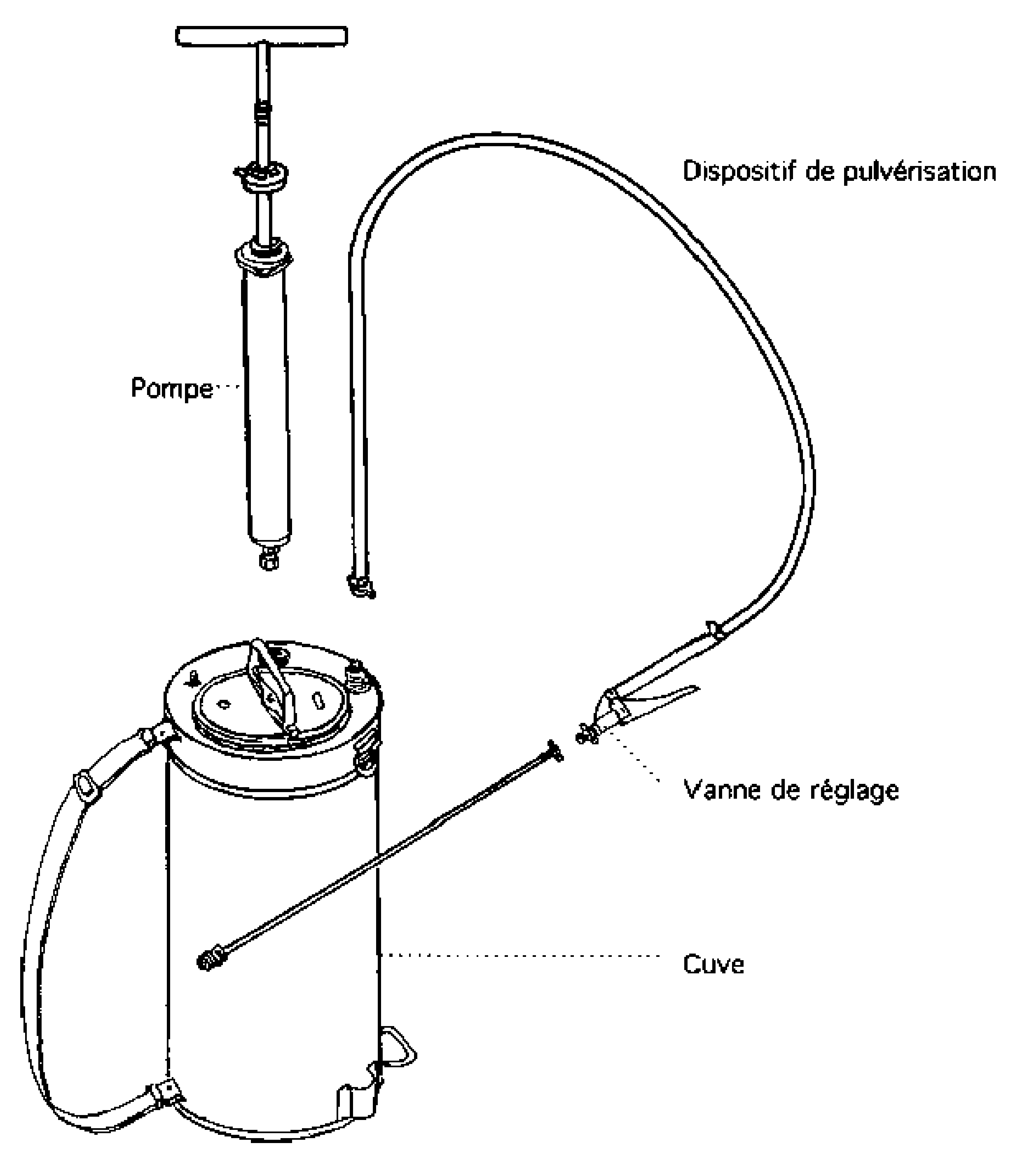


Fig. 9.4 Eléments pricipaux d'un pulvérisateur à main à pression préalable (© OMS).

Réservoir (Fig. 9.5)

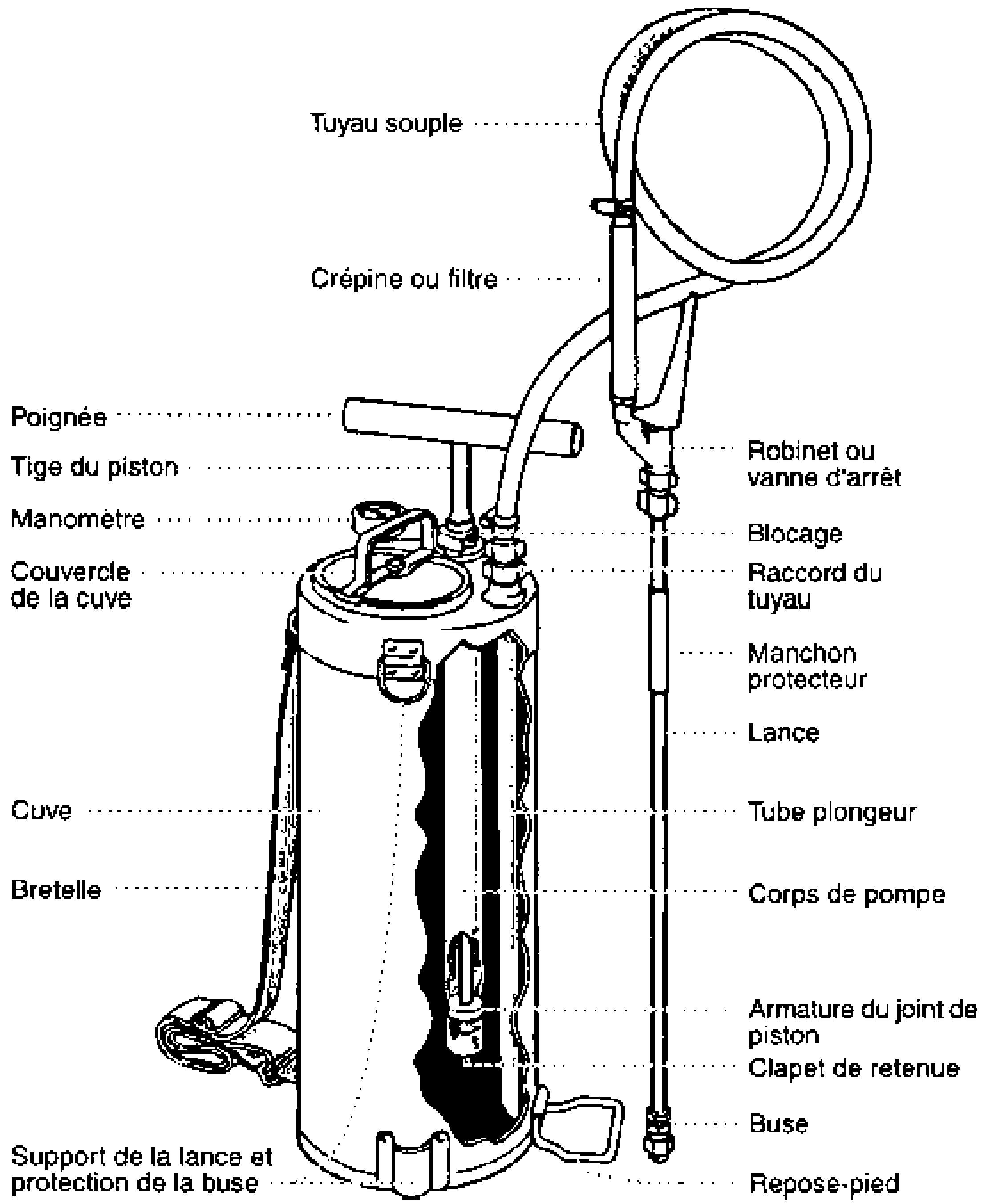


Fig. 9.5 Vue éclatée d'un pulvérisateur à main à pression préalable (© OMS).

WHO 96709/F

• **La cuve** est généralement en acier inoxydable. La plupart des cuves comportent quatre orifices à leur extrémité supérieure: un orifice assez large pour le remplissage, muni d'un couvercle amovible, et des orifices plus petits pour la pompe à air, le raccord du tuyau souple et le manomètre.

• **Le couvercle de la cuve** (Fig. 9.6) comporte les éléments suivants: 1) un joint de caoutchouc; 2) une poignée; 3) une soupape de décharge actionnée à la main ou en imprimant un quart de tour à la poignée; 4) une chaînette retenant le couvercle.

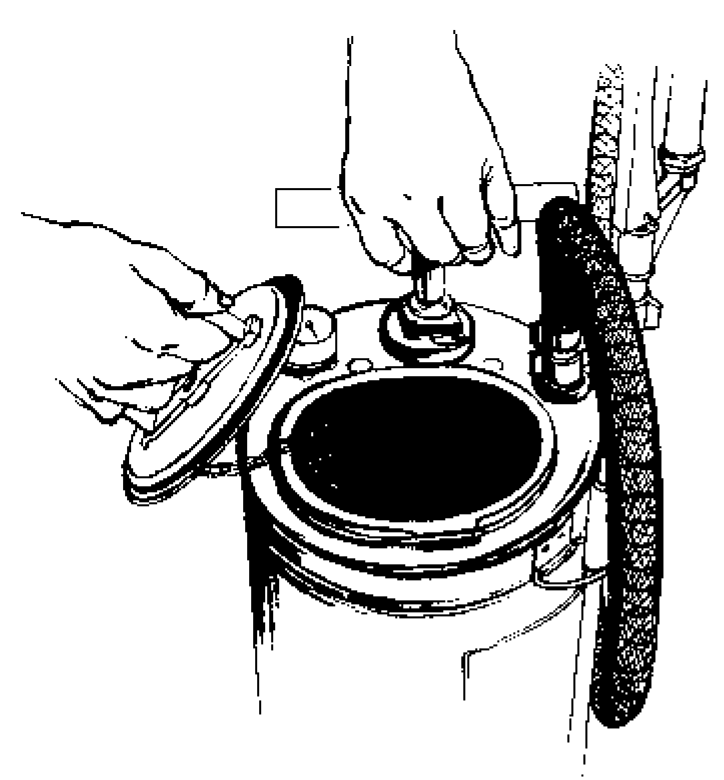


Fig. 9.6 Gros plan de la partie supérieure de la cuve avec le couvercle enlevé.

• **Un manomètre** qui permet de mesurer la pression dans la cuve

• **Une bretelle**, qui doit être suffisamment large pour ne pas blesser les épaules de l'opérateur. Elle est fixée à la cuve par une boucle en acier. Sur les cuves de grande dimension, cette bretelle est réglable.

• Lorsque la cuve n'est pas utilisée, on place la lance sur **un support** et la buse dans un **embout protecteur**.

Pompe à air (Fig. 9.7)

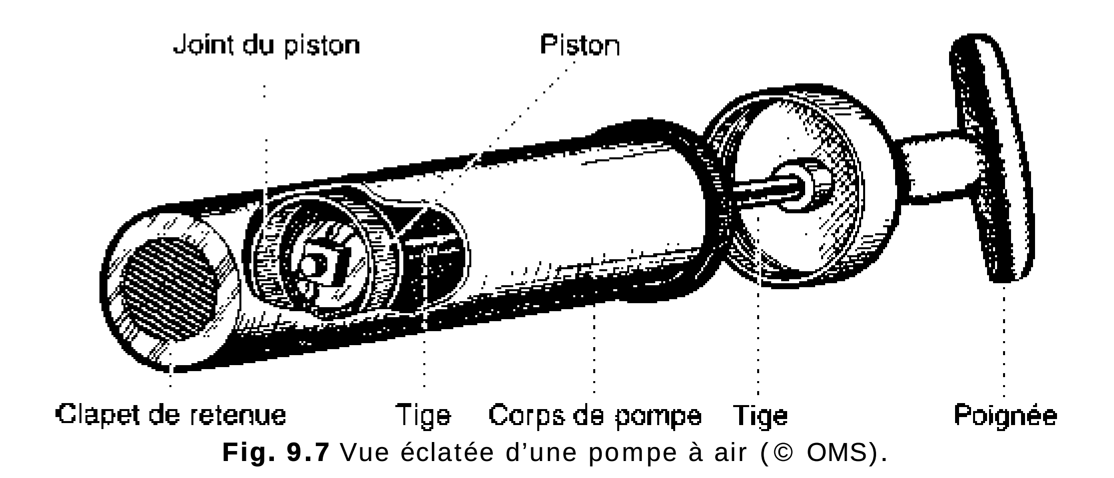


Fig. 9.7 Vue éclatée d'une pompe à air (© OMS).

WHO 96711

Cette pompe est constituée d'un piston qui se déplace le long d'un tube cylindrique (corps de pompe). Lorsqu'on actionne le piston, l'air est comprimé à travers un clapet de retenue situé à la base du tube. Le joint du piston peut être en cuir, en plastique ou en caoutchouc et résister aux produits chimiques qui entrent dans la composition de la formulation.

Dispositif de pulvérisation

Ce dispositif comporte les éléments suivants: 1) un tube plongeur monté sur la cuve au moyen d'un joint torique; si le joint est endommagé, il peut y avoir des fuites d'air; 2) un tuyau flexible en matériau résistant aux produits chimiques qui entrent dans la composition de la formulation insecticide; 3) un filtre (crépine) disposé dans un logement prévu à cet effet et qui permet de retenir les particules trop grosses pour passer à travers l'orifice de la buse; on doit pouvoir le retirer pour le nettoyer ou le remplacer; un robinet ou une vanne d'arrêt qui permet à l'opérateur de fermer l'appareil; 4) une lance ou tube porte-buse, d'une longueur de 40 à 60 cm; certains modèles sont dotés d'une lance télescopique; 6) une buse composée d'un embout, d'un filtre, d'un corps de buse et d'un écrou d'assemblage; l'embout peut être en acier inoxydable, en céramique ou en plastique (Fig. 9.8). L'embout de la buse est l'élément le plus important du pulvérisateur. Il doit délivrer une quantité précise de bouillie par minute, pour une certaine pression de la cuve, et permettre d'obtenir un jet de forme déterminée avec une bande d'aspersion de largeur constante. Le choix de la buse dépend de la manière dont on pulvérise l'insecticide.

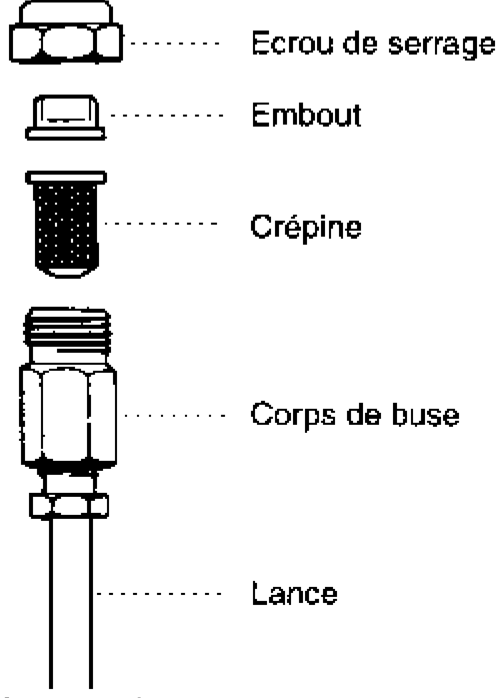


Fig. 9.8 Eléments d'une buse (© OMS).

Différents modèles de buses (Fig. 9.9)

- La buse à jet bâton est utilisée pour traiter les fentes et les fissures où se dissimulent les punaises de lit, les tiques, les blattes et les fourmis.

- La buse à jet plat produit un jet en éventail et c'est le modèle de choix pour les pulvérisations à effet rémanent.

- La buse à cône creux est utilisée pour traiter les gîtes larvaires de moustiques ainsi que les habitats des tiques et des acariens situés dans la végétation.

- La buse à cône plein est utilisée pour traiter les gîtes larvaires de moustiques.

La buse à jet plat communément utilisée pour les pulvérisations murales produit un jet dont l'angle d'ouverture est de 80°, avec un débit de 757 ml par minute et une pression de 280 kPa dans la cuve. Elle est généralement en acier inoxydable spécial. L'embout comporte deux méplats de part et d'autre de l'orifice pour faciliter le démontage.

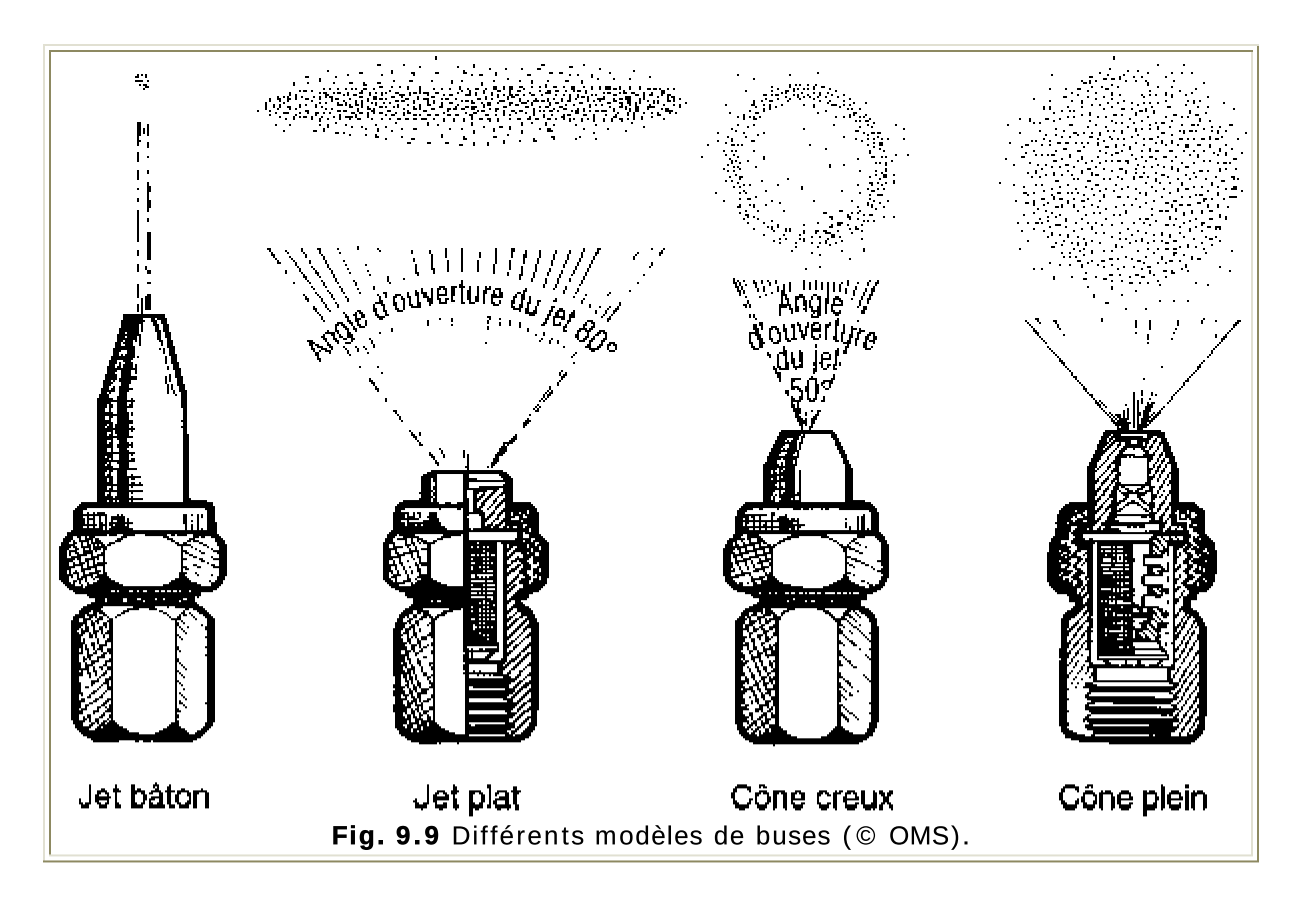


Fig. 9.9 Différents modèles de buses (© OMS).

Utilisation et manipulation des pulvérisateurs à main à pression préalable

Préparation du pesticide et remplissage de la cuve

Les pesticides doivent être manipulés avec précaution. Avant de commencer les pulvérisations, on désignera un point central où seront préparés des sachets, en papier ou en plastique, contenant la quantité voulue d'insecticide (voir la page 419 pour le calcul de la dose). Les personnes chargées de cette tâche devront porter des vêtements protecteurs (voir page 419). Ces précautions permettent de réduire les risques de contamination du personnel, de déversements accidentels ou de gaspillage sur le terrain et d'avoir en outre une charge de travail moins lourde lors du traitement des habitations. Cela facilite également l'application de la dose d'insecticide exactement nécessaire. Une fois les opérations terminées, il faudra se débarrasser des sachets et récipients vides en observant les consignes de sécurité (voir Chapitre 10, page 421).

Préparation des suspensions

Avant de préparer la suspension d'insecticide, il faut vérifier le pulvérisateur et l'étalonner avec de l'eau. Sur le terrain, on dilue la poudre dispersable dans un petit volume d'eau et on mélange avec une palette ou une baguette de bois jusqu'à obtention d'une pâte fluide. On introduit ensuite cette pâte dans la cuve et on rince avec de l'eau le récipient qui contenait la pâte. Le liquide de rinçage est versé dans la cuve du pulvérisateur. On répète le rinçage jusqu'à ce que le récipient soit propre et que le liquide atteigne le niveau voulu dans la cuve. Les occupants de l'habitation à

traiter peuvent prêter assistance aux opérateurs, par exemple en leur fournissant de l’eau (Fig. 9.10).



Fig. 9.10 Préparation de la solution insecticide.

Remplissage

On verse la suspension dans la cuve en la faisant passer sur un tamis ou un chinois de manière à retenir d’éventuelles saletés (Fig. 9.11). Si l’on ne prend pas cette précaution, la buse risque de se boucher pendant la pulvérisation.



Fig. 9.11 Remplissage de la cuve du pulvérisateur.

Il ne faut pas remplir la cuve à plus des trois-quarts pour laisser un espace suffisant à l'air comprimé. La cuve comporte généralement un trait de jauge qui permet de voir si on a bien ajouté le volume voulu; ce volume est ordinairement de 8 à 10 litres.

Agitation

Pour bien mélanger la suspension, il faut agiter la cuve avant de commencer la pulvérisation et recommencer de temps à autre pendant l'opération. Pour cela on tient le pulvérisateur d'une main par la tige de la pompe et de l'autre par le fond de la cuve. Il ne faut pas tenir la cuve par la bretelle ni la balancer en avant et en arrière en la gardant à l'épaule. Les formulations qui répondent aux normes de l'OMS devraient rester en suspension sans qu'il soit nécessaire de les agiter davantage.

Si on utilise des sachets de pesticide prédosés, on verse directement dans la cuve le volume d'eau nécessaire. On ajoute ensuite le contenu du sachet, on rebouche la cuve et on mélange les ingrédients en retournant le pulvérisateur un certain nombre de fois.

Préparation du pulvérisateur

- **Pour fermer la cuve**: insérer le couvercle verticalement dans la cuve, le soulever et l'engager dans l'orifice de remplissage; tourner la poignée sur toute la largeur de l'ouverture.

• **Pour ouvrir la cuve**: actionner la soupape de sécurité pour mettre la cuve à la pression atmosphérique et pouvoir desserrer facilement le couvercle.

Mise sous pression de la cuve

Si le pulvérisateur est muni d'un repose-pied, débloquer le piston tout en maintenant l'appareil avec le pied. Tirer complètement le piston avec les deux mains puis le repousser à fond en procédant par allées et venues régulières (Fig. 9.12).



Fig. 9.12 Mise sous pression de la cuve du pulvérisateur.

Si le pulvérisateur est doté d'un manomètre, continuer à pomper jusqu'à ce qu'il marque une valeur de 380 kPa environ. Si le manomètre manque de précision, on considérera qu'un coup de pompe donne à peu près 7 kPa, de sorte qu'avec 54 ou 55 coups de pompe on atteindra la pression voulue pour une cuve aux trois-quarts pleine. La pression utile se situe entre les limites de 170 et 380 kPa, soit une pression moyenne d'environ 280 kPa pendant la pulvérisation.

Pendant que l'on pulvérise l'insecticide, il faut maintenir la pression de la cuve en pompant de temps à autre. On tâchera de s'habituer à donner le nombre de coups de pompe nécessaires pour atteindre la pression maximale, en prévision d'une panne du manomètre. Pour bloquer le piston, actionner le levier de verrouillage. Il faut toujours remettre la cuve à la pression atmosphérique lorsque l'on a fini d'utiliser le pulvérisateur ou pendant le transport.

Epandage de la bouillie

Il faut appliquer la suspension de manière uniforme à la dose recomandée sur toutes les surfaces à traiter. La quantité d'insecticide pulvérisée sur une surface donnée dépend des facteurs suivants:

- la concentration de l'insecticide dans la suspension (le calcul de la dose est détaillé à la page 401);

- la pression de l'air dans le pulvérisateur (maintenue à 170-380 kPa);

- la section de l'orifice de sortie de la buse

- la distance entre l'extrémité de la buse et la surface traitée;

- la vitesse à laquelle la suspension est pulvérisée sur la surface.

Formation

Ces deux derniers facteurs impliquent que l'opérateur soit expérimenté, c'est-à-dire qu'il ait reçu la formation voulue. Il faut que le personnel s'entraîne - par exemple, sur le mur d'un bâtiment - à appliquer la suspension à un rythme qui permettre de couvrir 19 m^2 par minute. Délimiter un rectangle de 3 m de hauteur et de 6,35 m de longueur et le diviser en neuf bandes verticales parallèles dont la première aura 75 cm de largeur et les suivantes 70 cm (Fig. 9.13).

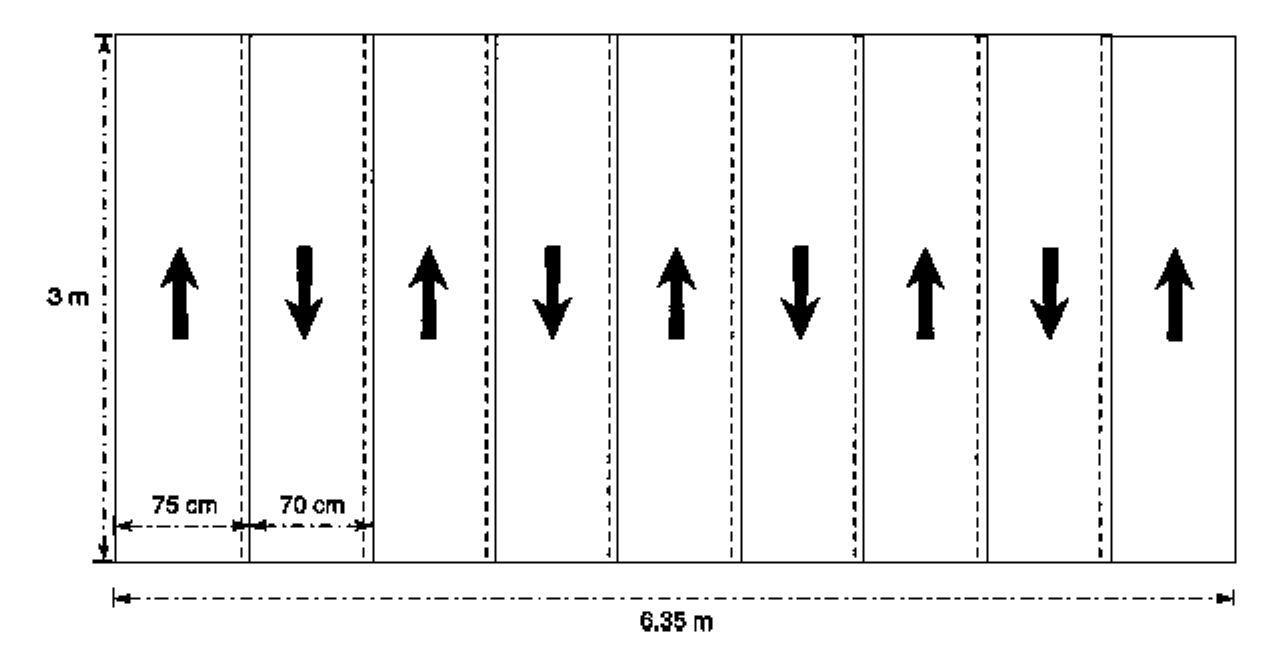


Fig. 9.13 Surface pour la pratique des pulvérisations à effet rémanent que l'on peut délimiter à la craie sur le mur d'un grand bâtiment (© OMS).

WHO 96717

En tenant la buse à 45 cm du mur, on obtient une plage d'aspersion de 75 cm (Figs. 9.14 et 9.15). Pour s'entraîner à maintenir la buse à 45 cm du mur, prolonger la lance à l'aide d'une baguette de bois ou de tout autre dispositif ayant la longueur voulue, que l'on fixera avec un élastique ou une ficelle. Bien s'assurer qu'il y a 45 cm entre l'embout de la buse et l'extrémité de la baguette. Tendre le bras droit et se pencher vers la surface du mur tout en levant et en baissant alternativement le bras de façon que l'extrémité de la baguette reste en contact avec le mur. L'opérateur se tient juste en face du mur. S'il est droitier, il porte le pulvérisateur sur son épaule gauche et le maintient de la main gauche; il tient la lance de la main droite (Fig. 9.16).

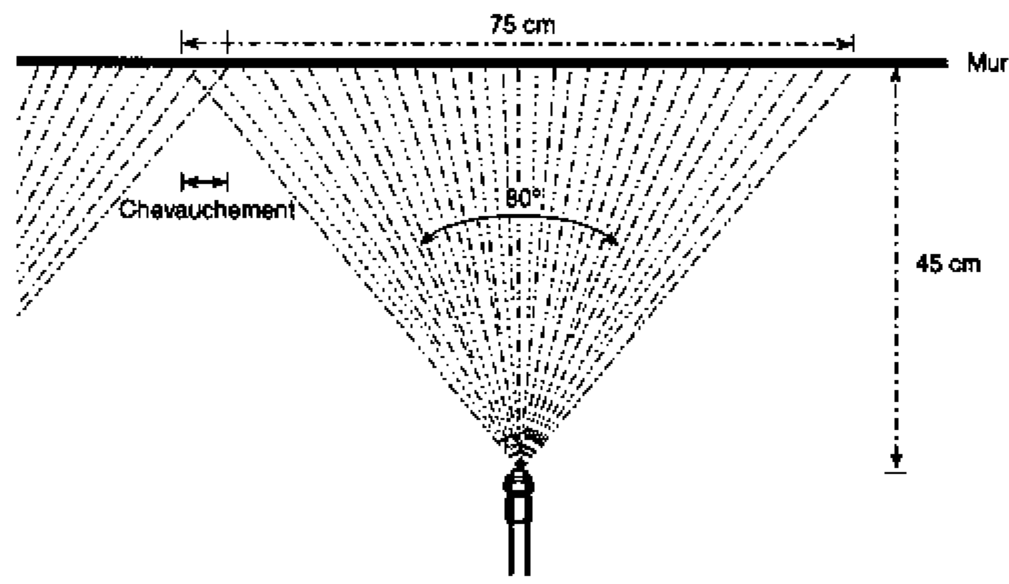


Fig. 9.14 Répartition du jet (© OMS).

WHO 96718

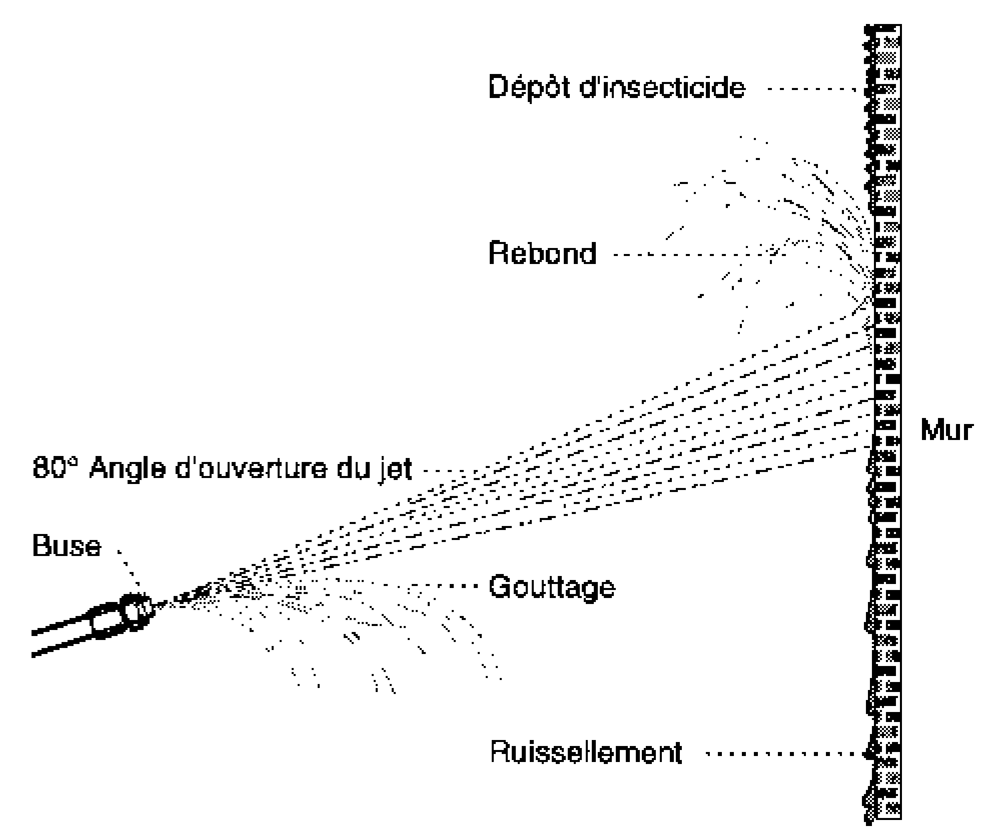


Fig. 9.15 Lors de l’aspersion d’une surface verticale, les particules d’insecticide rebondissent en partie dans l’atmosphère; si la pulvérisation est trop dense, l’insecticide ruisselle le long du mur (© OMS).

WHO 96719/F



Fig. 9.16 Opérateur portant des vêtements protecteurs et placé en bonne position pour effectuer des pulvérisations murales.

Le port d'un casque ou autre couvre-chef et de vêtements protecteurs est nécessaire.

En commençant dans le coin inférieur du mur et en pulvérisant uniformément, balayer la surface en remontant. Tout en continuant l'aspersion, se déplacer d'un pas sur la droite. Le passage suivant doit mordre sur le précédent d'environ 5 cm (Fig. 9.13). Une fois arrivé au sommet, continuer à traiter en redescendant jusqu'en bas. Continuer de la même manière jusqu'à ce que toute la superficie (19 m^2) ait été couverte. Chaque bande de 3 m de haut doit être couverte en 6, 7 secondes de sorte que le traitement des 9 bandes doit prendre une minute. Pour régler la vitesse des passages, on peut compter les secondes à voix haute ou utiliser un chronomètre.

Si l'on ne trouve pas de mur convenable, on confectionnera un panneau de 1,80 m de haut et de 6,35 m de long (11,43 m^2) pour s'entraîner. Le panneau sera divisé en 9 bandes comme indiqué plus haut. Chaque bande de 1,80 m de haut devra être couverte en 4 secondes de sorte que les 9 bandes seront traitées en 36 secondes.

Entretien et réparation

Pièces de rechange

Les opérateurs disposent le plus souvent d'un manuel d'utilisation illustré qui contient les indications suivantes:

- description du matériel
- mode opératoire
- instructions pour l'entretien
- marche à suivre en cas de problème
- liste des pièces de rechange

Il faut toujours avoir des pièces de rechange sous la main, en particulier des joints et des vannes. Lorsqu'on passe une commande au fabricant ou à un fournisseur local, ne pas oublier d'indiquer le modèle du pulvérisateur, la désignation de la pièce et son numéro de référence.

Nettoyage

Nettoyer la cuve tous les jours une fois le traitement terminé. Il ne faut pas qu'il reste de la suspension insecticide à l'intérieur. Rincer le pulvérisateur à fond avec de l'eau et laisser sécher. Ne pas jeter l'eau de rinçage dans un cours d'eau, un étang ou tout autre endroit accessible à des passants ou à des animaux. La meilleure solution consiste à la déverser dans une latrine à fosse ou un trou creusé dans un sol sec, à distance de tout point d'eau, rivière, étang ou terrain agricole.

Démonter le filtre de la vanne de réglage et le nettoyer soigneusement en le rinçant également à l'eau (Fig. 9.17).

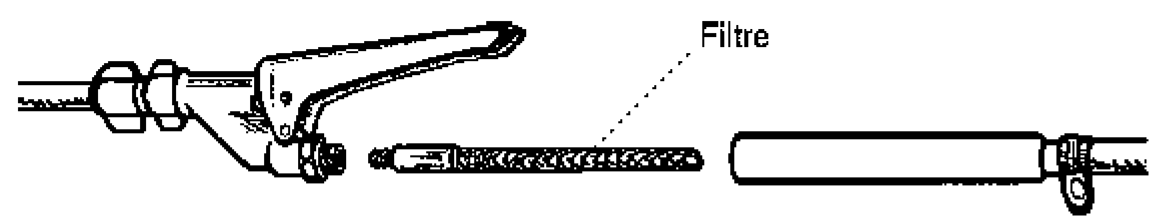


Fig. 9.17 Démontage du filtre pour nettoyage (© OMS).

WHO 96721/F

Remonter toutes les pièces après nettoyage à l'exception de la buse. Remplir la cuve avec de l'eau propre, la fermer et pomper de l'air à l'intérieur. Ouvrir la vanne de réglage et laisser l'eau couler de la lance dans le tuyau, les filtres et la vanne. Oter le couvercle de la cuve et nettoyer l'intérieur.

Nettoyer l'embout de la buse en le rinçant à l'eau (Fig. 9.18). Insuffler de l'air dans l'orifice à l'aide d'une pompe, le nettoyer et le sécher. Pour enlever les saletés qui s'y seraient déposées, utiliser une brosse fine ou un cure-dent; ne jamais utiliser de fil métallique. On peut également éliminer les saletés en pressant la buse contre la soupape de sécurité qui se trouve à la partie supérieure de la cuve.



Fig. 9.18 Nettoyage de l'embout de la buse par rinçage à l'eau (© OMS).

WHO 96722

Entretien

Inspecter périodiquement la cuve et remplacer toute pièce usée ou défectueuse. Vérifier également que le bord du corps de pompe ne comporte pas de fissures qui risqueraient d'entraîner une baisse de la pression. Vérifier également que le tuyau est en bon état. Au bout de quelque temps, il se produit une usure du tuyau près de son point de fixation à la cuve ou à la vanne de fermeture. Si c'est le cas, il faut couper la partie usée et remettre le tuyau en place. Déposer quelques gouttes d'huile propre sur le cuir du piston afin d'assurer la lubrification du corps de pompe et faire en sorte que la pression soit suffisante. Remplacer le cuir du piston s'il n'est pas en bon état.

La pulvérisation d'insecticides provoque l'usure de l'embout de la buse. Les embouts usés doivent être remplacés. Si l'orifice est érodé, il va délivrer une plus grande quantité d'insecticide. Il faudra faire contrôler périodiquement le débit de la buse par un opérateur qualifié. Il existe pour cela une méthode simple qui consiste à pulvériser une suspension sur une surface sombre: toute irrégularité de la plage d'aspersion indique que l'embout est à remplacer.

Rangement

Vérifier que la cuve est vide, remonter les différentes pièces et ranger la cuve à l'envers avec le couvercle pendant au bout de sa chaîne et en bloquant le piston (Fig. 9.19). S'assurer que la lance et la buse ne risquent pas de tomber ou de s'abîmer d'une manière ou d'une autre. Bloquer la vanne de fermeture en position ouverte.

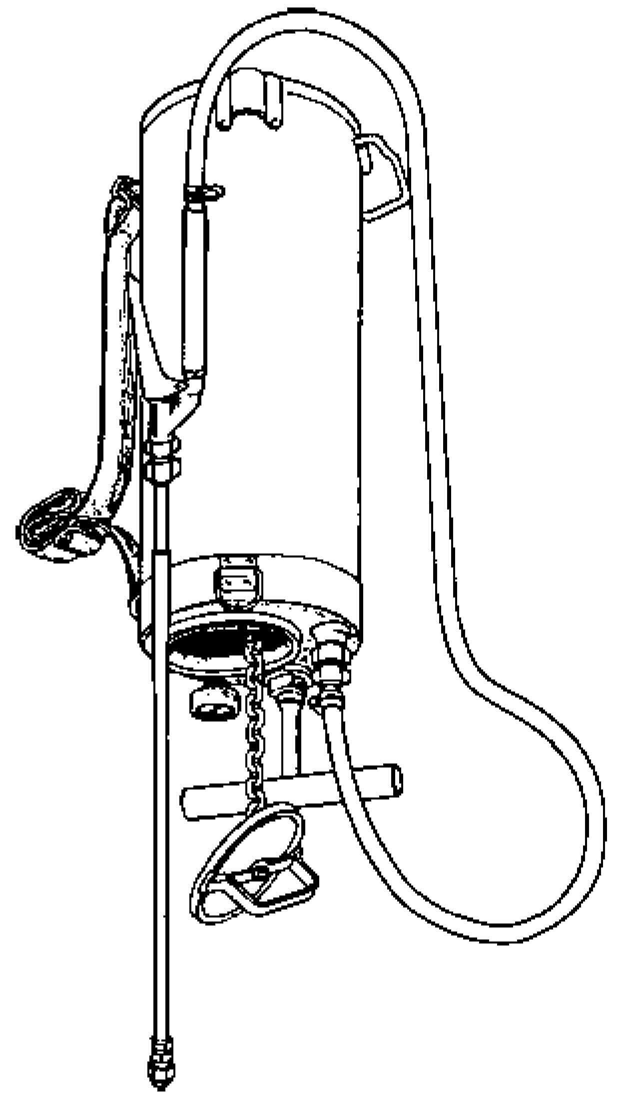


Fig. 9.19 Ranger la cuve à l'envers après séchage (© OMS).

WHO 96723

Que faire en cas de panne?

• *La pression ne monte pas quand on pompe.* Il est probable que le cuir du piston est desséché ou abîmé. Mettre de l'huile ou le remplacer.

• *Le jet ne sort pas ou produit une aspersion irrégulière alors que le pulvérisateur est sous pression.* Mettre à la pression atmosphérique et nettoyer la buse (voir page 415). Contrôler également le filtre et la vanne de fermeture. Nettoyer si nécessaire.

• *la pression ne se maintient pas; il y a une fuite d'air.* Vérifier le joint du couvercle de la cuve et celui du corps de pompe pour voir s'il n'y a pas de fuites. Nettoyer le siège des joints et remplacer les joints si nécessaire. Si on ne parvient pas à localiser les fuites, couvrir les connexions avec de l'eau savonneuse et rechercher la présence de bulles.

• *On n’arrive pas à arrêter le pulvérisateur.* Mettre à la pression atmosphérique, et démonter la vanne ou le robinet de fermeture en suivant les indications du manuel. Nettoyer et si nécessaire remplacer le siège, le joint torique, la cale d’épaisseur, la rondelle et le pointeau.

Les traitements insecticides

Où faut-il traiter?

Il faut traiter tous les endroits qui servent de cachettes ou de lieux de repos aux espèces visées. Selon le cas, il peut s’agir d’habitations humaines, de maisons vides, d’abris pour animaux, de garde- manger ou de cuisines. C’est seulement après avoir consulté un spécialiste de la lutte antivectorielle que l’on pourra décider des endroits à traiter.

Il faudra également que les spécialistes précisent s’il y a lieu de traiter les magasins, les écoles, les églises, les usines, les entrepôts et autres grands bâtiments. En cas de doute, on s’abstiendra en raison des dépenses que cela implique.

En principe, toutes les surfaces intérieures susceptibles de servir de lieux de repos doivent être traitées. Il peut toutefois être très long ou impossible de traiter certaines surfaces, par exemple sous les meubles et les carpettes, derrière les tableaux, sur les éléments de la charpente etc... En général, on peut se limiter aux murs, plafonds et celliers.

Traitement sélectif

Certains insectes ont une préférence notoire pour des lieux de repos situés à l’intérieur des habitations. Par exemple, certaines espèces de moustiques se reposent principalement à la base des murs, ou uniquement au plafond ou sous les avant-toits. En se bornant à traiter ces surfaces, on assurera une destruction efficace des moustiques au moindre coût.

Dans la lutte antipalustre, il est souvent nécessaire de traiter des bâtiments qui ne servent pas toujours de lieux de repos à la population. Il faut cependant traiter les abris temporaires utilisés lors de la saison des semailles ou de la récolte ou encore pour la chasse et la pêche.

Pour lutter contre la maladie de Chagas, il peut être nécessaire quelquefois de traiter non seulement les habitations, mais encore les cachettes péridomestiques des triatomes situées à l’intérieur des abris pour animaux et des entrepôts de denrées alimentaires.

Quand faut-il traiter?

Dans les régions où les moustiques transmettent le paludisme ou d’autres maladies de façon saisonnière, il faut procéder aux traitements insecticides juste avant le début de la transmission. Cette précaution est particulièrement importante lorsque la protection conférée par les insecticides ne dure que quelques mois. Il se peut que dans les programmes de grande envergure, on ait de la peine à établir un calendrier des

opérations en raison de la nécessité de répartir les traitements de manière uniforme sur toute l'année. En pareil cas, la priorité sera de faire en sorte que les opérations soient entreprises en temps voulu dans les localités où l'existence de cas de paludisme est connue. Le problème ne se pose pas lorsque les opérations de pulvérisation sont organisées au niveau communautaire.

Lors de la planification des opérations, il faudra tenir compte du comportement et des coutumes de la population. Il faut procéder aux pulvérisations lorsque les habitants sont censés être chez eux. Le traitement des structures temporaires que l'on utilise sur le terrain au moment des semailles ou de la moisson doit s'effectuer peu après la construction de ces abris. Le recrépissage des murs à l'occasion de certains évènements culturels peut également influer sur le moment et la fréquence des traitements.

Planification d'un programme de traitement

Chacun peut traiter sa propre maison mais en général, ce genre d'opération se pratique plutôt dans l'intention de lutter contre une maladie qui affecte la collectivité. Dans certains cas, le traitement de toutes les habitations d'une vaste zone peut être confié à un programme régional ou national de lutte contre la maladie. Ces opérations à grande échelle exigent l'établissement de plans délimitant les zones à traiter, les méthodes et techniques d'épandage des insecticides, la durée des opérations, les besoins en personnel, fournitures et matériel, avec en outre la préparation d'un budget.

Lorsqu'il s'agit d'une seule collectivité, le programme des opérations est beaucoup plus simple. Les points suivants sont à prendre en considération.

• **Efficacité de la méthode**. Il faut que les autorités sanitaires locales soient capables de prouver que la pulvérisation d'insecticides est efficace et que c'est une méthode adaptée aux conditions locales. Il faut donc donner des renseignements sur l'insecte visé, expliquer son comportement et sa sensibilité aux différents insecticides.

• **Information de la communauté**. Les dirigeants de la communauté ou les services sanitaires locaux doivent faire comprendre à la population la nécessité d'un programme de pulvérisations et faire en sorte que chacun se rende compte qu'il a la responsabilité de collaborer. Il faut rechercher l'assentiment de la communauté.

Il faut lui expliquer les points suivants:
- comment l'insecticide agit et quel est son effet protecteur;

- le fait que le produit est sans danger pour les occupants;

- le fait que ni les murs, ni les plafonds, ni les meubles ne seront abîmés;

- la nécessité pour les occupants de protéger ou de ranger tous les objets qui ne doivent pas recevoir d'insecticide. La coopération des occupants pourra consister à préparer leur maison, notamment à enlever les meubles, les ustensiles de cuisine et la nourriture avant le début des opérations et à les placer, par exemple, à l'extérieur ou à les mettre au milieu d'une pièce après les avoir recouverts d'une feuille de plastique.

- le fait qu'il ne faut pas recrépir ou laver les murs pendant les quelques mois qui suivent le traitement.

• **Estimation de la quantité de fournitures nécessaire**. Il s'agit des insecticides, des pulvérisateurs, des pièces de rechange, des vêtements protecteurs, des gants, du savon et des feuilles de plastique pour recouvrir les meubles.

Mesure de la superficie totale à traiter

Il est préférable de commencer à dresser une carte de la collectivité en y indiquant l'emplacement de chaque maison à traiter. Un numéro de référence sera attribué à chaque maison, le numéro étant peint sur la maison et inscrit sur la carte.

Il faut indiquer la taille approximative de la maison et préciser son type ainsi que la nature du matériau dont sont faits les murs, les plafonds et autres surfaces susceptibles d'être traitées.

Si toutes les habitations sont construites et agencées sur le même modèle, on peut évaluer la superficie moyenne à traiter par habitation. Un échantillon de 5 maisons sur 100, environ, devrait suffire. Dans cet échantillon de maisons, on mesurera les murs, les plafonds et autres surfaces à traiter. On peut utiliser pour cela une perche de 2 m de long environ, que l'on graduera en demi- mètres.

Calcul de la quantité d'insecticide nécessaire pour une tournée de pulvérisations

La quantité totale d'insecticide (T) nécessaire dépend des facteurs suivants:

N: nombre d'habitations
S: superficie moyenne à traiter par habitation (m^2)
Y: dose d'insecticide à appliquer (g/m^2)
C: concentration de la matière active dans la formulation (%)

$$T = \frac{N \times S \times Y}{C} \times 100$$

Exemple

Un village compte 100 maisons. La superficie moyenne à traiter est de 200 m^2 par maison. La dose de DDT recommandée est de 2 g/m^2. Le DDT est sous la forme d'une poudre mouillable dans l'eau à 75%.

$$T = \frac{100 \times 200 \times 2}{75} \times 100 = 53.3$$

Il faut donc 53,3 kg de DDT (poudre mouillable dans l'eau à 75%).

Il est recommandé de garder en réserve au moins 10% d'insecticide supplémentaire.

Personnel et équipement nécessaire

Une seule personne peut traiter environ 8 à 10 maisons par jour en travaillant à plein temps. Dans une communauté de 200 habitations, deux personnes équipées chacune d'un pulvérisateur peuvent traiter toutes les habitations en à peu près deux semaines. Lorsqu'on achète les pulvérisateurs, il faut aussi se procurer les pièces de rechange les plus utiles. On peut supposer qu'il faudra changer l'embout de la buse après avoir traité 200 habitations. Le coût des pièces de rechange représente environ 10% de celui des pulvérisateurs.

Il faudra fournir aux opérateurs des vêtements protecteurs ainsi que du savon (voir le Chapitre 10). Celui qui est chargé de préparer les paquets prédosés d'insecticide à utiliser ultérieurement doit également recevoir une paire de gants, un tablier, un masque et des lunettes de protection.

Une personne, éventuellement un des dirigeant de la communauté ou un agent de santé, devra se charger de superviser les opérations.

Bibliographie

1. *Lutte contre les vecteurs du paludisme et autres maladies transmises par des moustiques. Rapport d'un Groupe d'étude de l'OMS.* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1995 (OMS, Série de Rapports techniques, No 857), Annexe 1.

2. *Lutte contre les leishmanioses. Rapport d'un comité d'experts de l'OMS.* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1990 (OMS, Série de Rapports techniques, No 793).

3. *Matériel de lutte contre les vecteurs*. 3ème éd. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1991.

Pour en savoir plus

Méthodes chimiques de lutte contre les arthropodes vecteurs et nuisibles importants en santé publique. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1988.

Pesticides: chimie et normes. Huitième rapport du Comité OMS d'experts de la Biologie des vecteurs et de la Lutte antivectorielle. Genève, Organisation mondiale de la santé, 1984 (OMS; Série de Rapports techniques, No 699).

Résistance des vecteurs aux pesticides. Quinzième rapport du Comité OMS d'experts de la Biologie des vecteurs et de la Lutte antivectorielle. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1992 (OMS, Série de Rapports techniques, No 818).

Chapitre 10. Sécurité d'emploi des pesticides

Les pesticides sont toxiques pour la vermine mais aussi pour l'Homme. Cependant, si l'on prend des précautions suffisantes, ils ne devraient constituer une menace ni pour la population, ni pour les espèces animales non visées. La plupart d'entre eux peuvent avoir des effets nocifs si on les avale ou s'ils restent en contact prolongé avec la peau. Lorsqu'on pulvérise un pesticide sous forme de fines particules, on risque d'en

absorber avec l’air que l’on respire. Il existe en outre un risque de contamination de l’eau, de la nourriture et du sol.

Des précautions particulières doivent être prises pendant le transport, le stockage et la manipulation des pesticides. Il faut nettoyer régulièrement le matériel d’épandage et bien l’entretenir pour éviter les fuites. Les personnes qui se servent de pesticides doivent apprendre à les utiliser en toute sécurité.

Précautions

Etiquetage

Les pesticides doivent être emballés et étiquetés conformément aux normes de l’OMS (*1*). L’étiquette doit être rédigée en anglais et dans la langue du lieu; elle doit indiquer le contenu, les consignes de sécurité (mise en garde) et toutes dispositions à prendre en cas d’ingestion ou de contamination accidentelles. Toujours laisser le produit dans son récipient d’origine (Figs. 10.1 et 10.2). Prendre les mesures de précaution voulues et porter les vêtements de protection conformément aux recommandations.

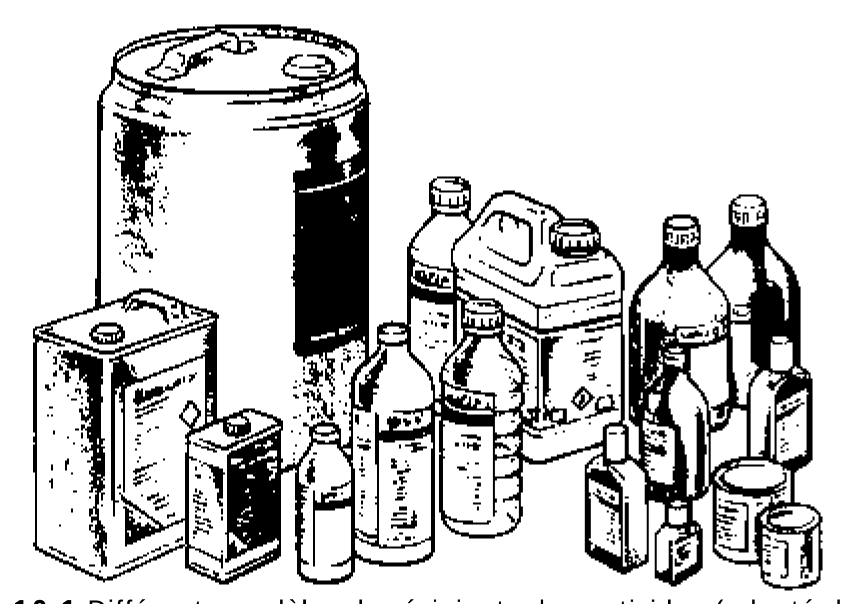


Fig. 10.1 Différents modèles de récipients de pesticides (adapté de *2*).

WHO 96851

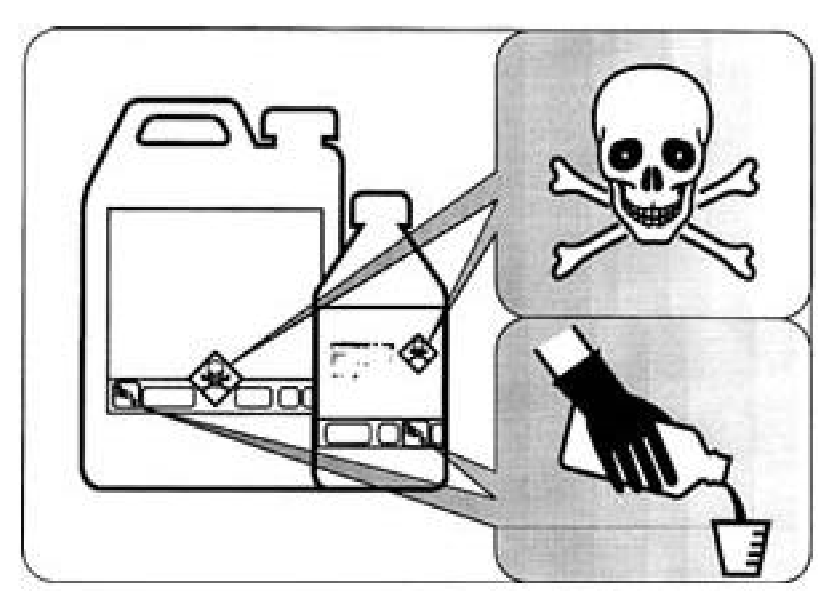


Fig. 10.2 Rechercher s'il y a des symboles de mise en garde, des pictogrammes ou des codes de couleur sur les étiquettes (adapté de *2*).

WHO 96852

Stockage et transport

Conserver les pesticides dans un endroit dont on puisse verrouiller l'entrée et qui ne soit pas accessible aux personnes non autorisées ou aux enfants (Fig. 10.3). En aucun cas les pesticides ne doivent être conservés en un lieu où l'on risquerait de les prendre pour de la nourriture ou de la boisson. Il faut les tenir au sec mais à l'abri du soleil. On évitera de les transporter dans un véhicule servant aussi au transport de denrées alimentaires.



Fig. 10.3 Tenir les pesticides hors de portée des enfants (adapté de *3*).

WHO 96853

Elimination

Après les opérations, la suspension d'insecticide qui reste peut être éliminée sans risque en la déversant dans un trou creusé tout spécialement ou dans une latrine à fosse (Fig. 10.4). Il ne faut pas se débarrasser d'un pesticide en le jetant dans un endroit où il risque de contaminer de l'eau utilisée pour la boisson ou le lavage ou encore parvenir jusqu'à un étang ou un cours d'eau. Certains insecticides, comme les pyréthrinoïdes, sont très toxiques pour les poissons. Creuser un trou à au moins 100 mètres de tous cours d'eau, puits ou habitations. Si on se trouve dans une région de collines, il faut creuser le trou en contrebas. Verser toutes les eaux qui ont servi au lavage des mains après le traitement. Enterrer tous les récipients, boîtes, bouteilles etc. qui ont contenu des pesticides (Fig. 10.5). Reboucher le trou le plus rapidement possible. Les emballages ou récipients en carton, papier ou plastique - ces derniers, nettoyés - peuvent être brûlés (Fig. 10.6), si cela est autorisé, à bonne distance des maison et des sources d'eau potable. En ce qui concerne la réutilisation de récipients après nettoyage, voir l'encadré ci-dessous.

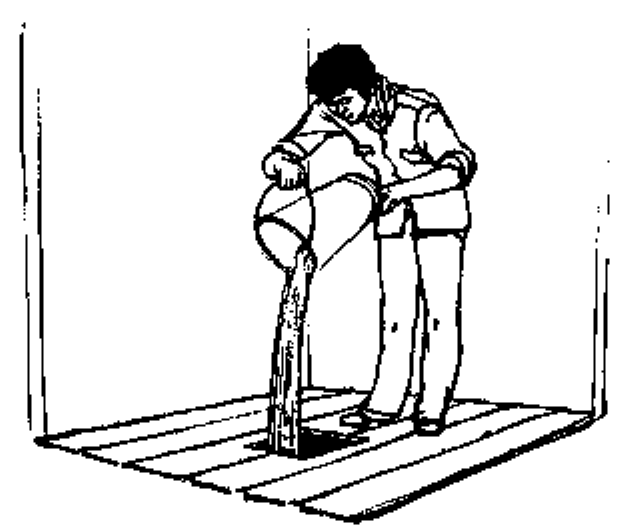


Fig. 10.4 S'il reste de l'insecticide, on peut s'en débarrasser sans risque en le versant dans une latrine ou dans un trou creusé spécialement.

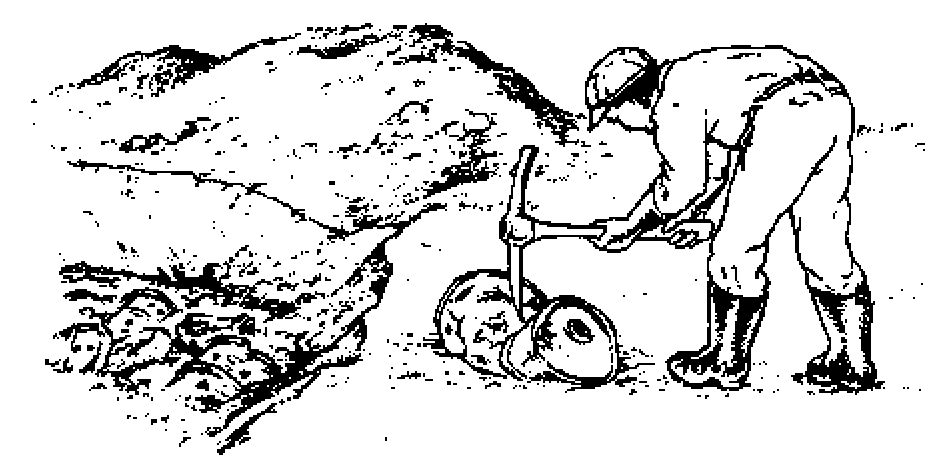


Fig. 10.5 Avant d'enterrer les emballages vides, il faut les rendre inutilisables et en réduire le volume le plus possible (adapté de *4*).

WHO 96854



Fig. 10.6 On peut brûler les emballages de papier, de carton et de plastiques (sauf ceux qui sont en PVC) après les avoir nettoyés (adapté de *4*).

WHO 96854

Les suspensions de pyréthrinoïdes peuvent être déversées sur un sol sec où elles seront rapidement absorbées et subiront ensuite une décomposition qui les rendra inoffensives pour l'environnement.

S'il reste une certaine quantité de solution insecticide, on peut l'utiliser pour détruire les fourmis et les blattes. Il suffit pour cela de verser un peu de solution sur les endroits infestés (sous l'évier de la cuisine, dans les coins) ou de passer une éponge imbibée. Pour faire temporairement obstacle à la prolifération des insectes, on peut verser une certaine quantité de solution à l'intérieur et autour des latrines ou sur d'autres gîtes larvaires. Les solutions de pyréthrinoïdes destinées au traitement des moustiquaires et autres tissus peuvent être utilisées quelques jours après leur préparation. On peut également s'en servir pour traiter les nattes et les matelas de corde afin d'empêcher les moustiques de venir piquer par en bas. On peut aussi traiter les matelas pour combattre les punaises.

Nettoyage des emballages et récipients vides de pesticides

Réutiliser des récipients de pesticides vides présente des risques et il est déconseillé de le faire. Toutefois, on peut estimer que certains récipients de pesticides sont trop utiles pour qu'on les jette purement et simplement après usage. Peut-on donc nettoyer et réutiliser de tels récipients? Cela dépend à la fois du matériau et du contenu. En

principe, l'étiquette devrait indiquer quelles sont les possibilités de réemploi des récipients et comment s'y prendre pour les nettoyer.

Il ne faut en aucun cas réutiliser des récipients qui ont contenu des pesticides classés comme très dangereux ou extrêmement dangereux. Dans certaines conditions, les récipients de pesticides classés comme peu dangereux ou ne devant pas en principe présenter de danger en utilisation normale, peuvent être réutilisés à condition que ce ne soit pas pour contenir des aliments, des boissons ou de la nourriture pour animaux. Les récipients faits de matériaux comme le polyéthylène, qui absorbent préférentiellement les pesticides, ne doivent pas être réutilisés s'ils ont contenu des pesticides dont la matière active est classée comme modérément, très ou extrêmement dangereuse, quelle que soit la formulation.

Dès qu'un récipient est vide, il faut le rincer, puis le remplir complètement avec de l'eau et le laisser reposer pendant 24 h. Ensuite, on le vide et on recommence deux fois l'opération.

Hygiène générale

Il ne faut ni manger, ni boire, ni fumer lorsqu'on manipule des insecticides. La nourriture doit être rangée dans des boîtes hermétiquement fermées. La mesure, la dilution et le transvasement des insecticides doivent s'effectuer avec le matériel adéquat (Fig. 10.7). Ne pas agiter ni prélever des liquides les mains nues. Si la buse s'est bouchée, agir sur la vanne de la pompe ou dégager l'orifice avec une tige souple (Fig. 10.8; voir aussi le Chapitre 9, p. 415). Après chaque remplissage, se laver les mains et le visage à l'eau et au savon. Ne boire et ne manger qu'après s'être lavé les mains et le visage (Fig. 10.9). Prendre une douche ou un bain à la fin de la journée.



Fig. 10.7 Pour mesurer et diluer des insecticides, il faut utiliser le matériel adéquat (adapté de *2*).

WHO 96856

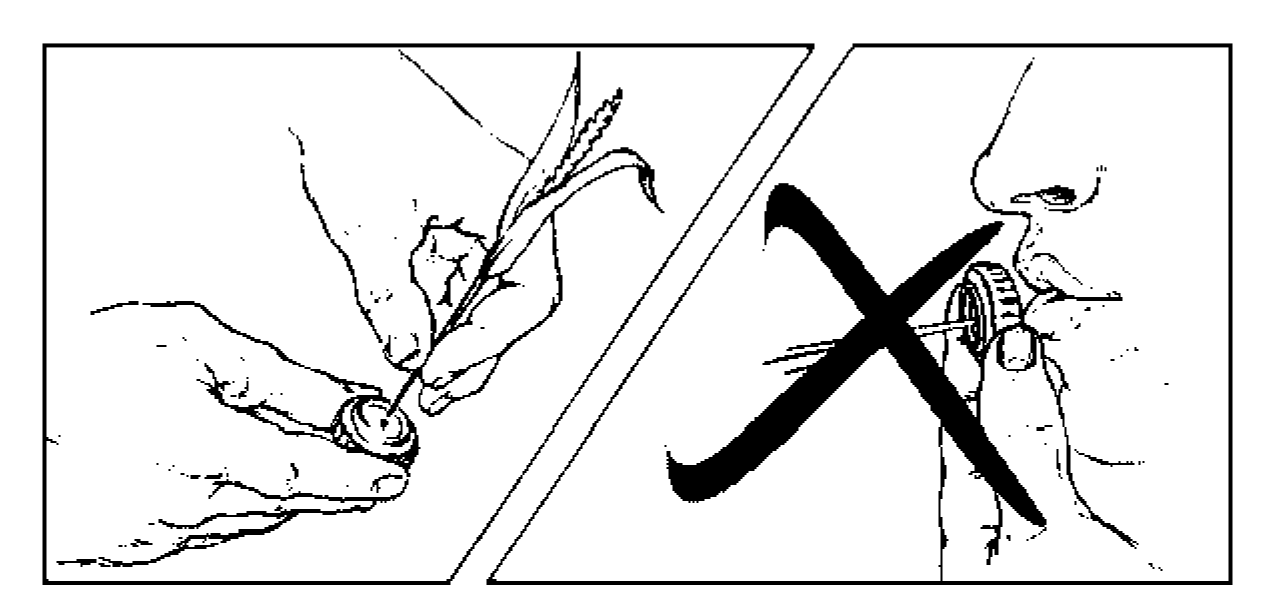


Fig. 10.8 Pour déboucher une buse, utiliser une tige souple (adapté de *2*).

WHO 96857

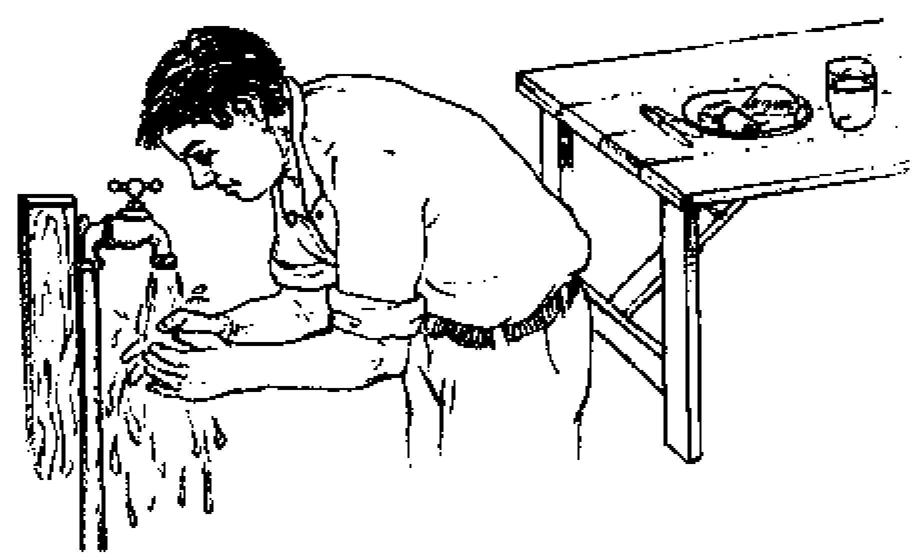


Fig. 10.9 Se laver les mains et le visage avant de boire et de manger (adapté de *2*).

WHO 96858

Vêtements de protection

Traitements à l'intérieur des habitations

Les opérateurs doivent porter une combinaison de travail ou une chemise à manches longues par dessus un pantalon, un chapeau à large bord, un turban ou autre type de couvre-chef ainsi que des bottes ou de grosses chaussures. Les sandales ne conviennent pas. Il faut se protéger la bouche et le nez avec un moyen simple, par exemple un masque jetable en papier, un masque chirurgical jetable ou lavable ou un chiffon de coton propre. Dès que le tissu est humide, il faut le changer. Les vêtements doivent également être en coton pour faciliter le lavage et le séchage. Ils doivent couvrir le corps et ne comporter aucune ouverture. Sous les climats chauds et humides, il peut être inconfortable de porter un vêtement protecteur supplémentaire, aussi s'efforcera-t-on d'épandre les pesticides pendant les heures où la chaleur est la moins forte.

Préparation des suspensions

Les personnes qui sont chargées d'ensacher les insecticides et de préparer les suspensions doivent prendre des précautions spéciales (voir le Chapitre 9, p 408).

Outre les vêtements de protection mentionnés ci-dessus, elles doivent porter des gants, un tablier et une protection oculaire, par exemple un écran facial ou des lunettes (Figs. 10.10 et 10.11). Les écrans faciaux protègent la totalité du visage et tiennent moins chaud. Il faut se couvrir la bouche et le nez comme indiqué pour les traitements à l'intérieur des habitations. On veillera en outre à ne pas toucher une quelconque partie de son corps avec les gants pendant la manipulation des pesticides.



Fig. 10.10 Il faut porter des gants pour manipuler des concentrés de pesticides.



Fig. 10.11 Equipement de protection pour les yeux et le visage (adapté de *2*).

Imprégnation des tissus

Pour traiter les moustiquaires, les vêtements, les grillages ou les pièges à glossines avec des insecticides, il est impératif de porter de longs gants de caoutchouc.

Dans certains cas, une protection supplémentaire est nécessaire, par exemple contre les vapeurs, les poussières ou les aspersions d'insecticides qui peuvent être dangereux. Ces accessoires de protection supplémentaires doivent être mentionnés sur l'étiquette du produit et peuvent consister en tabliers, bottes, masques faciaux, combinaisons et chapeaux.

Entretien

Les vêtements de protection doivent toujours être impeccablement tenus et il faut procéder à des contrôles périodiques pour vérifier qu'il n'y a ni déchirures ni usures du tissu qui pourraient entraîner une contamination de l'épiderme. Les vêtements et les équipements de protection doivent être lavés tous les jours à l'eau et au savon,

séparément des autres vêtements. Les gants doivent faire l’objet d’une attention particulière et il faut les remplacer dès qu’ils sont déchirés ou présentent des signes d’usure. Après usage, on devra les rincer à grande eau avant de les ôter. A la fin de chaque journée de travail, il faudra les laver à l’extérieur et à l’intérieur.

Mesures de sécurité

Lors des pulvérisations

Le jet qui sort du pulvérisateur ne doit pas être dirigé vers une partie du corps. Un pulvérisateur qui fuit doit être réparé et il faut se laver la peau si elle a été accidentellement contaminée. Les occupants de la maison et les animaux doivent rester dehors pendant toute la durée des opérations. On évitera de traiter une pièce dans laquelle se trouve une personne - un malade par exemple - que l’on ne peut pas transporter à l’extérieur. Avant que ne débutent les pulvérisations, il faut également sortir tous les ustensiles de cuisine, la vaisselle et tout ce qui contient des boissons ou des aliments. On peut aussi les réunir au centre d’une pièce et les recouvrir d’une feuille de plastique (Fig. 10.12). Les hamacs et les tableaux ou tentures ne doivent pas être traités. S’il faut traiter le bas des meubles et le côté situé vers le mur, on veillera à ce que les autres surfaces soient effectivement traitées.

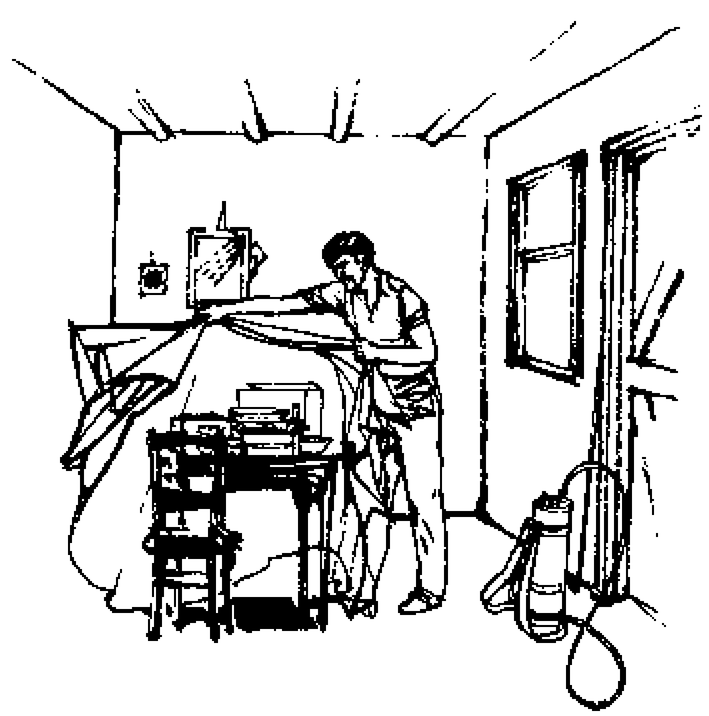


Fig. 10.12 Les meubles et la nourriture doivent être recouverts d’une feuille de plastique ou placés à l’extérieur avant le début des opérations.

Il faut balayer le sol ou le laver après les pulvérisations. Les occupants doivent éviter tout contact avec les murs. Les vêtements et l’équipement doivent être lavés tous les jours.

Il faut éviter de pulvériser des organophosphorés ou des carbamates plus de 5 à 6 heures par jour et se laver les mains après chaque remplissage. Si l’on utilise du

fénitrothion ou de vieux stocks de malathion, il faut que tous les opérateurs fassent contrôler chaque semaine leur cholinestérase sanguine (voir encadré).

Surveillance de l'exposition aux organophosphorés Il existe dans le commerce des trousses de campagne pour contrôler l'activité de la cholinestérase sanguine. Si cette activité est basse, on peut en déduire qu'il y a eu exposition excessive à un insecticide organophosphoré. Ces dosages doivent être pratiqués toutes les semaines chez toutes les personnes qui manipulent de tels produits. Toute personne dont l'activité cholinestérasique est trop basse doit être mise en arrêt de travail jusqu'à retour à la normale.

Imprégnation des tissus

Lorsqu'on manipule des concentrés d'insecticides ou qu'on prépare des suspensions, il faut porter des gants. Attention également aux projections dans les yeux! Il faut utiliser une grande bassine pas trop haute (Fig. 10.13) et il faut que la pièce soit bien aérée pour que l'on ne risque pas d'inhaler les fumées.



Fig. 10.13 Pour l'imprégnation des tissus, porter de longs gants de caoutchouc et utiliser une grande bassine pas trop haute.

Mesures d'urgence

Symptômes d'intoxication

Les intoxications par des pesticides prennent généralement une forme aiguë et sont la conséquence d'une importante contamination par voie transcutanée ou par ingestion. Les symptômes varient selon le genre d'insecticide et peuvent parfois être confondus avec ceux d'autres maladies.

Comment reconnaître une intoxication

Etat général: faiblesse et fatigue extrêmes.

Epiderme: irritation, sensation de brûlure, sueurs profuses, marques.

Yeux: démangeaisons, sensation de brûlure, larmoiement, difficulté à accommoder ou vision trouble, dilatation ou contraction de la pupille.

Système digestif: sensation de brûlure dans la bouche et dans la gorge, salivation excessive, nausées, vomissements, douleurs abdominales, diarrhée.

Système nerveux: maux de tête, étourdissements, confusion, agitation, crampes musculaires, démarche titubante, élocution pâteuse, convulsions, inconscience.

Système respiratoire: toux, douleurs et oppression thoraciques, respiration difficile et sifflante.

Il est également important de savoir:

- Si le malade a manipulé un pesticide;
- S'il y a eu contamination;
- Quel est exactement le produit qui a été utilisé;
- Quelle quantité a été avalée;
- Et depuis combien de temps.

Il faut s'efforcer de retrouver les emballages ou récipients de pesticides pour s'assurer de la nature du produit en cause ou encore contrôler le matériel d'épandage. Bien lire les étiquettes des récipients et les conserver.

Si l'on redoute une intoxication, il faut donner immédiatement les premiers soins et appeler un médecin le plus vite possible. Dans la mesure du possible, on conduira le malade à l'hôpital le plus proche.

Premiers soins

Si le malade ne respire plus: pratiquer la respiration artificielle. Si le malade n'a pas avalé d'insecticide, pratiquer le bouche-à-bouche. Relever le menton du malade et incliner sa tête en arrière en la soutenant d'une main pour dégager les voies respiratoires. Poser l'autre main sur le front du malade, le pouce et l'index vers le nez. Pincer les narines du malade entre le pouce et l'index pour empêcher l'air de s'échapper. Inspirer profondément, puis appliquer étroitement et hermétiquement sa bouche sur celle du malade (Fig. 10.14). Souffler à quatre reprises rapidement et profondément, tout d'abord sans laisser les poumons se dégonfler complètement. Surveiller le thorax du malade tout en gonflant ses poumons. Si le malade respire convenablement, sa poitrine doit se soulever et s'abaisser. Retirer la bouche de celle du malade et le laisser expirer (Fig. 10.15). Inspirer encore une fois profondément, plaquer la bouche sur celle du malade et lui souffler à nouveau dans les poumons. Répéter cette manœuvre 10 à 12 fois par minute, c'est-à-dire une fois toutes les cinq secondes.

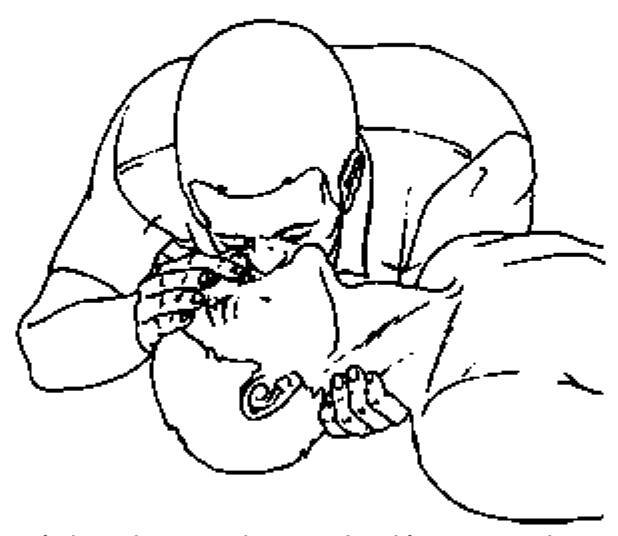


Fig. 10.14 Le bouche-à-bouche. Inspirer profondément et plaquer sa bouche sur celle du malade (© OMS).

WHO 96860

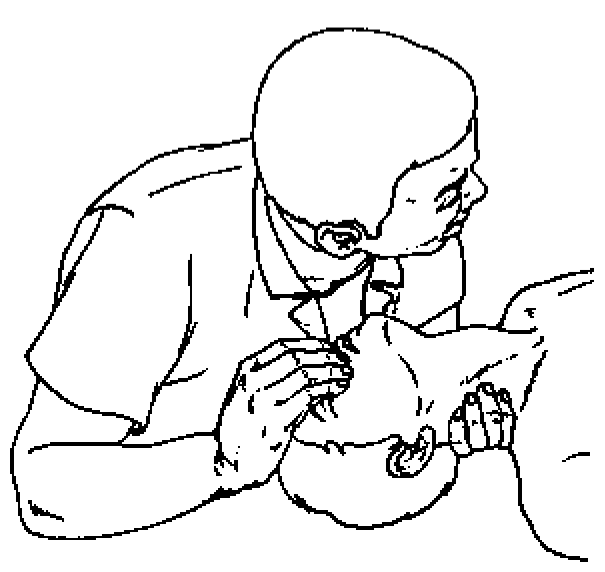


Fig. 10.15 Le bouche-à-bouche. Retirer la bouche et laisser le malade expirer (© OMS).

WHO 96502

Il faut poursuivre la respiration artificielle le plus longtemps possible et aussi longtemps que le pouls est perceptible. S'il y a eu ingestion d'insecticide, il faut faire appel à une autre technique de ventilation artificielle.

S'il y a présence d'insecticide sur la peau ou dans les yeux: laver les yeux avec une grande quantité d'eau claire pendant au moins cinq minutes (Fig. 10.16). Enlever les vêtements souillés et placer le malade hors de la zone de contamination (Fig. 10.17).

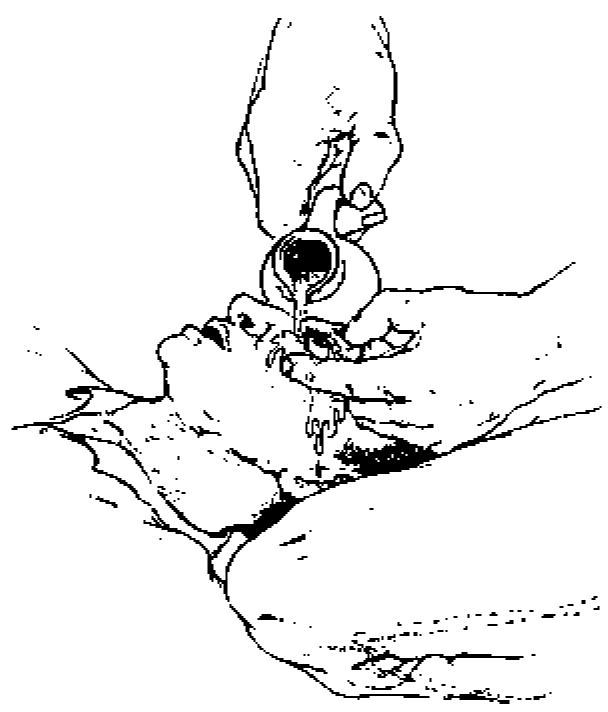


Fig. 10.16 Laver les yeux pendant au moins cinq minutes avec de l'eau claire pour enlever les éclaboussures de pesticide (adapté de *3*).

WHO 96861



Fig. 10.17 Oter immédiatement les vêtements souillés et se rincer la peau (adapté de *3*).

WHO 96862

Laver entièrement le corps du malade pendant au moins 10 minutes, si possible à l'eau et au savon. Si on manque d'eau, il faut essuyer la peau doucement avec des chiffons ou du papier pour éliminer le pesticide. Eviter de frotter ou de gratter trop fort.

Vomissement

Il ne faut pas faire vomir le malade à moins d'être sûr qu'il a avalé un pesticide très toxique et que l'on ne pourra pas compter sur une prompte intervention médicale. Ne jamais faire vomir un malade qui a avalé une suspension huileuse ou un produit dilué dans de l'huile diesel ou du kérosène, car il y aurait risque d'inhalation des vomissures, ce qui serait encore plus grave que l'intoxication digestive. D'après l'étiquette, on pourra savoir s'il s'agit d'un produit très toxique (tête de mort sur tibias croisés). On ne doit faire vomir le malade que s'il est conscient. Si nécessaire, le faire asseoir ou lever et lui chatouiller le fond de la gorge avec le doigt. Qu'il vomisse ou non, lui faire avaler une mixture contenant trois cuillerées à soupe de charbon actif dans un demi-verre d'eau. Recommencer jusqu'à l'arrivée du médecin.

Soins au malade

Le malade doit rester au repos en position allongée car les intoxications par les organophosphorés et les carbamates sont aggravées par l'agitation. Il doit être allongé sur le côté, la tête plus basse que le corps. Si le malade est inconscient, lui tirer le menton vers l'avant et la tête en arrière de manière que ses voies aériennes soient bien dégagées (Fig. 10.18). Le tenir au chaud avec une couverture s'il a froid et le rafraîchir avec une éponge trempée dans l'eau fraîche s'il a tendance à transpirer. S'il vomit spontanément, veiller à ce qu'il n'inhale pas les vomissures. En cas de convulsions, lui glisser quelque chose de rembourré entre les dents pour qu'il ne se blesse pas.

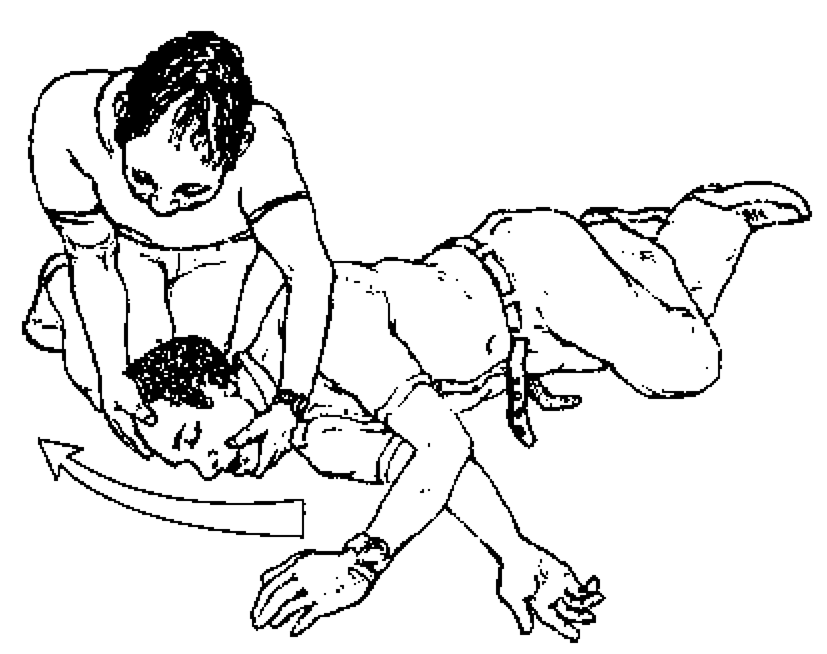


Fig. 10.18 Si le malade est inconscient, le coucher sur le côté et lui renverser la tête en arrière (adapté de *5*).

Empêcher le malade de fumer ou de boire de l'alcool. Ne pas lui faire boire de lait. L'eau est autorisée.

Suite du traitement

Les malades dont l'état nécessite des soins plus poussés doivent être conduits à l'hôpital le plus proche. L'OMS prépare des directives pour la prise en charge des intoxications (*6*). Une liste de centres anti-poisons peut être obtenue sur demande (*7*).

Bibliographie

1. *Normes pour les pesticides utilisés en santé publique: insecticides, molluscicides, répulsifs, méthodes*. 6ème éd. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1988.

2. *Guidelines for personal protection when using pesticides in hot climates.* Bruxelles, Groupement international des associations nationales de fabricants de produits agrochimiques (GIFAP), 1989.

3. *Guidelines for the safe and effective use of pesticides*. Bruxelles, Groupement international des associations nationales de fabricants de produits agrochimiques, 1989.

4. *Guidelines for the avoidance, limitation and disposal of pesticide waste on the farm*. Bruxelles, Groupement international des associations nationales de fabricants de produits agrochimiques, 1987.

5. *Guidelines for emergency measures in cases of pesticides poisoning*. Bruxelles, Groupement international des associations nationales de fabricants de produits agrochimiques, 1984.

6. Henry J, Wiseman H. *Prise en charge des intoxications: Manuel à l'usage des agents de santé.* Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1998.

7. Programme international sur la sécurité chimique/Fédération mondiale des associations des centres de toxicologie clinique et des centres antipoisons. *Yellow Tox. World Directory of poisons centres*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1993 (document non publié, disponible sur demande au Programme international sur la Sécurité chimique, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

Pour en savoir plus

Guidelines for the safe handling of pesticides during their formulation, packing, storage and transport. Bruxelles, Groupement international des associations de fabricants de produits agrochimiques, 1982.

Programme international sur la sécurité chimique*. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 1994-1995*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1994 (document non publié

WHO/PCS/94.2; disponible sur demande au Programme pour la Promotion de la Sécurité chimique, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse).

Sécurité d'emploi des pesticides. Quatorzième rapport du Comité OMS d'experts de la Biologie des vecteurs et de la Lutte antivectorielle. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1990 (OMS, Série de Rapports techniques, No. 813).

Bibliographie OMS thématique

La lutte contre les insectes et les rongeurs par l'aménagement de l'environnement. Un programme d'action communautaire

1994, viii + 107 pages, 62 fiches, 7 jeux
CHF 90.-

Sécurité d'emploi des pesticides

Quatorzième rapport du Comité OMS d'experts de la biologie des vecteurs et de la lutte antivectorielle
OMS, Série de Rapports techniques, No 813, 1991, 31 pages
CHF 6.-

Résistance des vecteurs aux pesticides

Quinzième rapport du Comité OMS d'experts de la biologie des vecteurs et de la lutte antivectorielle
OMS, Série de rapports techniques, No 818, 1992, 68 pages
CHF 10.-

Lutte contre les vecteurs et les nuisibles en milieu urbain

Onzième rapport du Comité OMS d'experts de la biologie des vecteurs et de la lutte antivectorielle
OMS, Série de Rapports techniques, No 767, 1988, 86 pages
CHF 9.-

Matériel d'application des pesticides pour la lutte antivectorielle

Douzième rapport du Comité OMS d'experts de la biologie des vecteurs et de la lutte antivectorielle
OMS, Série de Rapports techniques, No 791, 1990, 55 pages
CHF 8.-

Lutte contre les vecteurs du paludisme et autres maladies transmises par des moustiques

Rapport d'un Groupe d'étude de l'OMS
OMS, Série de Rapports techniques, No 857, 1995, 103 pages
CHF 15.-

La filariose lymphatique: description et moyens de lutte

Cinquième rapport du comité OMS d'experts de la filariose
OMS, Série de Rapports techniques, No 821, 1992, 79 pages
CHF 10.-

Techniques entomologiques pratiques pour la lutte antipaludique

Partie I. Guide du Stagiaire
1994, 77 pages
CHF 15.-

Partie II. Guide de l'instructeur
1994, 54 pages
CHF 12.-

Lutte antivectorielle et soins de santé primaires

Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS
OMS, Série de Rapports techniques, No 755, 1987, 71 pages
CHF 9.-

Matériel de lutte contre les vecteurs
Matériel de lutte contre les vecteurs
3e édition, 1991, 323 pages
Sw. fr. 51.-

Pour plus de détails sur ces ouvrages et sur les autres publications de l'Organisation mondiale de la Santé, s'adresser au Service Marketing et Diffusion, Organisation mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse

Les prix consentis dans les pays en développement représentent 70% des prix indiqués.

Couverture arrière

Les infections transmises par les arthropodes et les gastéropodes d'eau douce comptent parmi les causes les plus fréquentes de maladie et de décès prématurés dans les pays tropicaux et subtropicaux, ou même, quoique dans une moindre proportion, dans les régions tempérées. Outre leurs effets directs sur la santé, ces affections notamment le paludisme, la filariose, la leishmaniose, la bilharziose ou schistosomiase, la dengue et la trypanosomiase constituent un obstacle au développement économique, par suite des heures de travail perdues et des dépenses importantes occasionnées par le traitement des malades et la lutte contre les vecteurs.

Les campagnes de grande envergure destinées à éliminer les vecteurs sont souvent impraticables pour des raisons à la fois financières et techniques et du fait qu'elles peuvent être dangereuses pour l'environnement. C'est pourquoi on se tourne désormais vers des méthodes que les collectivités ou même tout un chacun peuvent mettre en œuvre. Le présent manuel donne des renseignements pratiques sur les méthodes que les familles et les communautés urbaines ou rurales peuvent utiliser pour se protéger et qui n'exigent qu'un minimum d'intervention de la part des services sanitaires. Il s'agit en général de méthodes relativement simples et peu coûteuses, ne

demandant guère de formation préalable et qui, pour peu qu'on les utilise convenablement, sont sans danger pour l'usager et l'environnement.

On y trouvera également des renseignements pratiques sur les grandes maladies et leurs principaux vecteurs: moustiques et autres diptères piqueurs, glossines, triatomes ou réduves, punaises de lit, puces, poux, tiques, acariens, blattes, mouches domestiques, puces d'eau et gastéropodes d'eau douce. Le manuel donne des indications sur la biologie et l'importance médicale de chaque groupe de vecteurs ainsi que sur les moyens de les combattre. Un certain nombre de chapitres sont également consacrés au traitement des habitations par des insecticides à effet rémanent ainsi qu'aux précautions d'utilisation de ces produits.

Le présent ouvrage s'adresse principalement aux agents de santé et au personnel sanitaire auxiliaire en poste au niveau des districts et des collectivités locales, mais aussi aux planificateurs sanitaires, aux organismes d'aide et à ceux qui travaillent dans les camps de réfugiés.

Prix: CHF 132.-
Prix dans les pays en développement: CHF 40.-
ISBN 92 4 254494 9